

# Manutenção Eletromecânica

---



 **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>Grupo Ibmecc Educacional S/A</b> Rua Vergueiro, 1759 2º andar 04101 000 São Paulo SP www.grupoibmecc.com.br
Coordenação Geral	<b>Rosiane Aparecida Marinho Botelho</b>
Coordenação Técnica deste caderno	<b>Robson da Silva Lopes</b>
Revisão Pedagógica	<b>Simone Afini Cardoso Brito</b>
Autoria deste caderno	<b>Robson da Silva Lopes</b> <b>Paulo Borges</b>
Produção Gráfica	<b>Amadeu dos Santos</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

---

Lopes, Robson da Silva

L864m Manutenção Eletromecânica – Projeto Formare / Robson da Silva Lopes; Paulo Borges – São Paulo: Grupo Ibmecc Educacional, 2010. 384p. :il. Color.:30cm. (Fundação Iochpe / Cadernos Formare)

Inclui exercícios e glossário  
Bibliografia

ISBN 0000000000000000

1. Ensino Profissional 2. Manutenção mecânica  
3. Automação e suas implicações 4. Sistemas de Funcionamento Eletroeletrônico CA e CC 5. Sistemas de Funcionamento Pneumático e Hidráulico I. Borges, Paulo II. Projeto Formare III. Título IV. Série

CDD-331.2592

---

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 ideia 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, ideias 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 ideia 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.



**Ideias** 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 **ideias-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

As técnicas de automação surgiram há muitos séculos, quando o ser humano ainda estava aprendendo a construir as primeiras máquinas rudimentares. Contudo, foi nesse último século que, graças aos avanços da mecânica, da eletrônica e da informática, conseguimos chegar ao ponto de ter máquinas programáveis pelo homem, que trabalham e tomam decisões automaticamente.

A combinação destas três áreas tecnológicas nos permitiu construir máquinas, robôs e sistemas com níveis de precisão e eficiência tão elevados que o ser humano jamais os conseguiria reproduzir com técnicas manuais convencionais.

Atualmente, toda indústria de pequeno, médio ou grande porte possui algum nível de automação e, por esta razão, é imprescindível que o jovem que busca se profissionalizar saiba como lidar com essa tecnologia.

O objetivo desse caderno é apresentar os fundamentos e técnicas de manutenção bem como os principais conceitos da automação industrial, cobrindo os aspectos mais importantes da eletroeletrônica, robótica, máquinas CNC, pneumática e hidráulica, além de apresentar os rumos e tendências tecnológicas que a automação tende a seguir em função dos avanços na informática e áreas afins.

Esse caderno é uma ferramenta para o educador planejar suas aulas, e também um guia de descoberta para os jovens que queiram se aprofundar nas técnicas de automação.



# Sumário

## 1 Manutenção mecânica

Primeira Aula	
Conceito e objetivos .....	23
Tipos de manutenção .....	25
Segunda Aula	
TPM – Manutenção Produtiva Total .....	26
Terceira Aula	
<i>Brainstorming</i> .....	30
Quarta Aula	
Programa 5S .....	33
Quarta Aula	
<i>Checklist</i> .....	35
Sexta Aula	
Manutenção Autônoma .....	38
Sétima e Oitava Aulas	
Aula prática .....	41
Nona, Décima e Décima Primeira Aulas	
Aula prática .....	42
Décima Segunda e Décima Terceira Aulas	
Aula prática .....	42
Décima Quarta, Décima Quinta e Décima Sexta Aulas	
Aula prática com demonstração .....	44
Décima Sétima Aula	
Avaliação Teórica 1 .....	47

## 2 Automação e suas Implicações

Primeira Aula	
Conceito da automação .....	53
Evolução histórica da automação .....	56
Segunda Aula	
Finalidade da automação .....	57
Terceira Aula	
Lógica de automação .....	63
Álgebra de Boole .....	63

Quarta Aula	
Expressões da álgebra de Boole.....	68
Diagrama de blocos.....	69
Quinta Aula	
CAD – <i>Computer-Aided Design</i> .....	77
CAM – <i>Computer-Aided Manufacturing</i> .....	79
CAPP – <i>Computer-Aided Process Planning</i> .....	81
Sexta Aula	
CIM – <i>Computer Integrated Manufacturing</i> .....	87
FMS – <i>Flexible Manufacturing Systems</i> .....	89
Sétima Aula	
Máquinas CNC – Comando Numérico Computadorizado.....	97
Sistemas de medição .....	99
Motores de acionamento e avanço .....	99
Oitava Aula	
Visita técnica e pesquisa .....	103
Nona Aula	
Robôs industriais e suas aplicações .....	105
Características técnicas de robôs industriais .....	106
Tipos estruturais de robôs industriais.....	109
Décima Aula	
Elementos de um sistema robótico .....	119
Décima Primeira Aula	
Visita técnica e pesquisa .....	129
Décima Segunda Aula	
Elaboração do painel.....	131
Décima Terceira Aula	
Apresentação do trabalho .....	131
Décima Quarta Aula	
Avaliação Teórica 2 .....	133
<b>3 Sistemas de Funcionamento Eletroeletrônico CA e CC</b>	
Primeira Aula	
Corrente elétrica .....	143
Corrente convencional.....	144
Tensão elétrica .....	145
Corrente Alternada (CA) e Corrente Contínua (CC).....	145
Segunda Aula	
Resistência elétrica .....	151



Resistor .....	152
Resistividade .....	154
Terceira Aula	
Lei de Ohm .....	159
Campo elétrico .....	160
Potência elétrica .....	161
Quarta Aula	
Atividade prática - Montagem de circuitos .....	163
Quinta Aula	
Gerador elementar .....	165
Exemplos de geradores .....	167
Sexta Aula	
Corrente e tensão alternadas .....	171
Fontes de energia .....	172
Sétima Aula	
Atividade prática - Medição de grandezas elétricas com multímetro .....	177
Oitava Aula	
Curto-circuito .....	182
Efeitos da corrente no corpo humano .....	183
Normas de segurança .....	185
Nona Aula	
Aterramento de equipamentos .....	191
Norma de aterramento .....	192
Dispositivos de proteção .....	193
Décima Aula	
Atividade prática - Dispositivos de comando .....	201
Décima Primeira Aula	
Campo magnético .....	204
Eletroímã .....	205
Motores elétricos .....	206
Décima Segunda Aula	
Tipos de motores .....	213
Décima Terceira Aula	
Atividade prática - Eletroímãs e motores elementares .....	223
Décima Quarta Aula	
Servomotores .....	227
Décima Quinta Aula	
Acionamento de motores CC e servocontroladores .....	233

Acionamento de motores CA e inversores de frequência .....	236
Décima Sexta Aula	
Atividade prática - Aplicação de motores .....	243
Décima Sétima Aula	
Atividade prática - Dispositivos de chaveamento .....	245
Décima Oitava Aula	
Atividade prática - Caracterização de sensores .....	248
Décima Nona Aula	
Atividade prática - Análise de diagramas .....	257
Vigésima Aula	
CLP – Composição básica e aplicações em automação .....	259
Vigésima Primeira Aula	
Visita técnica .....	272
Vigésima Segunda Aula	
Visita técnica .....	274
Vigésima Terceira Aula	
Apresentação do relatório .....	274
Vigésima Quarta Aula	
Avaliação Teórica 3 .....	277
<b>4 Sistemas de Funcionamento Pneumático e Hidráulico</b>	
Primeira Aula	
Composição básica de um circuito pneumático .....	285
Segunda Aula	
Pressão e força de trabalho .....	295
Terceira Aula	
Cilindros de ação simples e de dupla ação .....	301
Quarta Aula	
Sensores analógicos e digitais .....	307
Quinta Aula	
Exercícios .....	317
Sexta Aula	
Visita técnica e pesquisa .....	319
Sétima Aula	
Visita técnica e pesquisa .....	320
Oitava Aula	
Elementos básicos de um circuito hidráulico .....	321

Nona Aula	
Cilindros de ação simples e de dupla ação .....	329
Décima Aula	
Sensores analógicos e digitais .....	337
Décima Primeira Aula	
Visita técnica e pesquisa .....	350
Décima Segunda Aula	
Avaliação Teórica 4 .....	351
Exercícios .....	357
Gabarito dos Exercícios.....	363
Gabarito das Avaliações.....	367
Glossário .....	379
Referências .....	383



# 1 Manutenção mecânica

Serão apresentados os conceitos referentes aos processos de manutenção e de manutenção produtiva total, envolvendo desde seu conceito às principais ferramentas.

## Objetivos

- Identificar o conceito de manutenção, seus tipos e aplicação.
- Identificar o conceito de manutenção produtiva total e sua aplicação.
- Reconhecer as principais ferramentas empregadas na manutenção produtiva total.
- Reconhecer os passos para a implantação da manutenção produtiva total.
- Elaborar plano de manutenção produtiva total.
- Analisar criticamente planos de manutenção.
- Desmontar, realizar reparos, substituir peças, ajustar, lubrificar e montar conjuntos mecânicos.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentados o conceito de manutenção, seus tipos e aplicação.



Passo 1 / Aula teórica



50 min

## Conceito e objetivos

Pode-se entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

Por exemplo, quando se mantém as engrenagens lubrificadas, elas são conservadas. Ao se lixar uma máquina para posterior pintura, ela será restaurada. Ao se trocar o plugue de um cabo elétrico, ele será substituído.

**Educador**, solicite aos jovens exemplos de ações de manutenção realizadas em suas respectivas casas. Seja por parte de pessoas da própria casa ou por profissionais contratados, buscando classificá-las entre ações de conservação, restauração ou substituição, tendo em vista fixar esses conceitos.

De modo geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A

detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. Salienta-se que há, também, a manutenção de emergência ou corretiva, que será estudada logo adiante.

Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e os equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Esses procedimentos envolvem várias operações:

- Monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes.
- Ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados.
- Examinar os componentes antes do término de suas garantias.
- Replanejar, se necessário, o programa de prevenção.
- Testar os componentes elétricos, etc.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser feitos durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado), ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de manutenção corretiva. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir, esta deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o registro do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importantes em qualquer programa de manutenção.



## Tipos de manutenção

Há, basicamente, dois tipos de manutenção: a planejada e a não planejada.

A manutenção planejada pode se classificar em: preventiva, preditiva e a produtiva total – TPM.

A manutenção preventiva consiste num conjunto de procedimentos e ações antecipadas com o objetivo de manter a máquina ou equipamento em funcionamento.

A manutenção preditiva nada mais é do que um tipo de ação preventiva que se baseia no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Fazendo o acompanhamento do desgaste de peças de conjuntos de máquinas e de equipamentos se obtém os dados para o planejamento, além da realização de testes periódicos para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de óleo, análise de vibrações, monitoramento de mancais.

A Manutenção Produtiva Total – TPM foi desenvolvida no Japão e trata-se de um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”. Ela será estudada com mais detalhes no segundo capítulo.

Referente à manutenção não planejada é possível classificá-la em: corretiva e de ocasião.

A corretiva tem o objetivo de localizar e reparar os defeitos em máquinas e equipamentos que trabalham em regime de trabalho contínuo, ou seja, sem paradas.

**Educador**, solicite aos jovens alguns exemplos de máquinas que trabalham nessa condição. Caso haja alguma na empresa, apresente aos jovens.

A manutenção de ocasião consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

**Educador**, questione os jovens sobre as possíveis consequências no setor produtivo ocasionadas por paradas de manutenção planejada e por não planejadas. Contextualize com sua experiência profissional citando exemplos. Tais como: interrupção na produção, atraso na entrega, perda de clientes, pessoal ocioso, etc.



É necessário que fique claro que a Manutenção Planejada implica redução de custos, economia de recursos e colabora para a competitividade da empresa.



## Segunda Aula

Nessa aula serão apresentados os conceitos de Manutenção Produtiva Total, seu histórico, seus objetivos e sua contribuição na formação de recursos humanos.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min

## TPM – Manutenção Produtiva Total

Por muitos anos as indústrias funcionaram utilizando-se do sistema de manutenção corretiva. Com isso, havia desperdício, retrabalho, perda de tempo, de materiais e de esforço humano, além de prejuízo financeiro. Analisando esse problema, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. E a partir daí foi desenvolvido o conceito de Manutenção Produtiva Total, conhecido pela sigla TPM, que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva.

A manutenção preventiva, como já vimos, teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950. A indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, ou seja, somente após a falha da máquina ou equipamento é que ocorria a manutenção. Isso representava um custo e dificuldades para a melhoria de qualidade e da competitividade.

Visando um conceito que garantisse maior eficiência da manutenção, surgiu a TPM, em 1970, no Japão, baseado no respeito individual e na participação total dos empregados.

Nessa década já era comum:

- a) desenvolvimento da automação industrial;
- b) busca de novos processos para a melhoria da qualidade;
- c) aumento da concorrência empresarial;
- d) aplicação do conceito *jus-in-time*;

- e) crescimento da consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- f) escassez de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- g) desenvolvimento da gestão participativa e surgimento do conceito de múltiplas competências.

Esses fatores contribuíram para o surgimento da TPM. O empresário, proprietário da máquina, se preocupa em valorizar e manter o seu patrimônio, no que se refere a custos e ciclo de vida da máquina ou equipamento.

Os cinco pilares ou bases sobre as quais se constrói um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e capacitando pessoas para definir metas, como, por exemplo, defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade são:

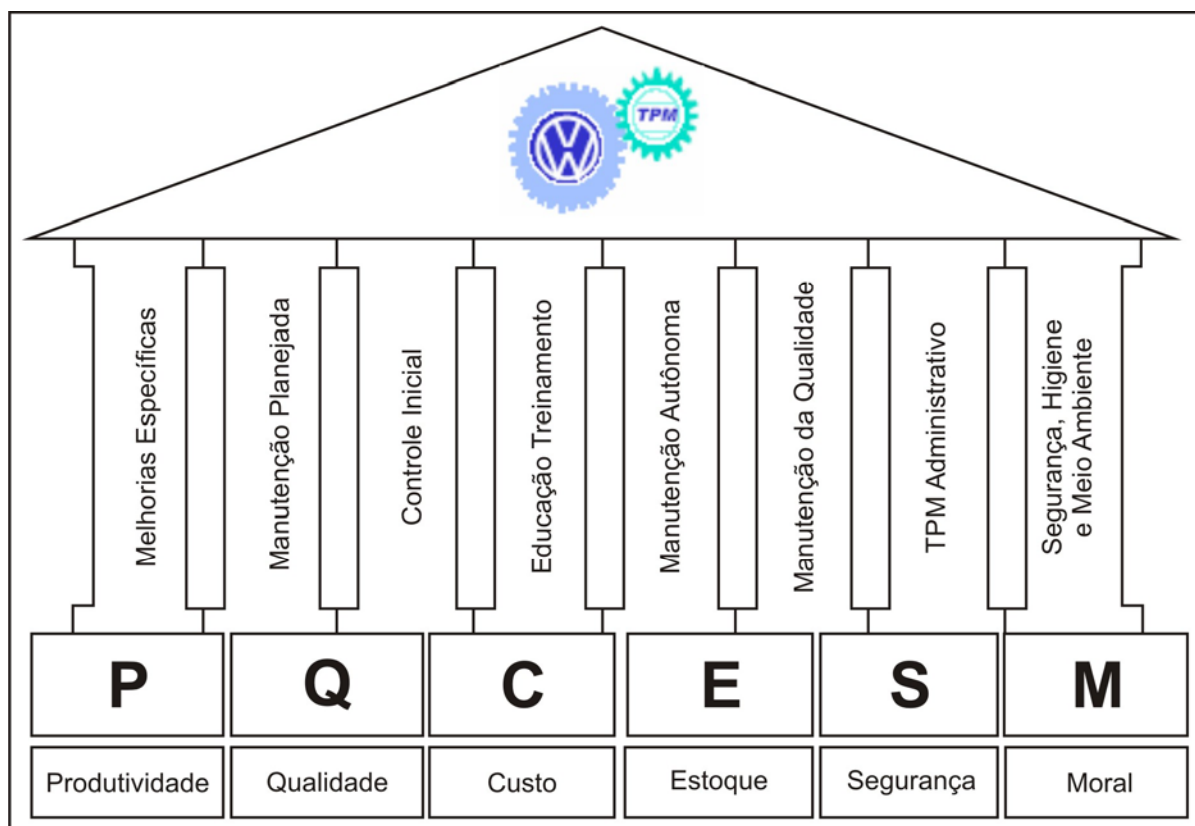
- a) eficiência;
- b) autorreparo;
- c) planejamento;
- d) treinamento;
- e) ciclo de vida.

**Educador**, faça aqui uma parada e verifique se ficou claro para os jovens o contexto em que surgiu a TPM e os cinco Pilares, solicitando que eles expliquem, com suas palavras, cada um dos pilares. Como, por exemplo: "Do que vocês acham que trata o 'Autorreparo'?"

Esses cinco pilares são baseados nos seguintes princípios:

- a) Identificação das atividades que aumentam a eficiência do equipamento.
- b) Estabelecimento de um sistema de manutenção autônomo pelos operadores.
- c) Estabelecimento de um sistema planejado de manutenção.
- d) Estabelecimento de um sistema de treinamento objetivando aumentar as habilidades técnicas da pessoa.
- e) Estabelecimento de um sistema de gerenciamento do equipamento.

Veja abaixo, na figura 1, como a empresa Volkswagen do Brasil tem orientado seus funcionários, baseada no esquema dos pilares<sup>1</sup> originais e criando outros:



Fonte: Módulo SPVW – 1º elemento TPM (2001, p.12).

Fig. 1 – Esquema dos Pilares – Volkswagen.

O objetivo geral da TPM é a melhoria da estrutura da empresa quanto aos recursos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos, etc.) e aos recursos humanos (aprimoramento das capacidades pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes).

As melhorias devem ser conseguidas por meio dos seguintes passos:

- a) Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária.
- b) Capacitar os mantenedores a serem polivalentes.



<sup>1</sup> apud Moreira, 2003.

- c) Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção, ou seja, o “ideal” da máquina descartável.
- d) Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

**Educador**, solicite aos jovens sugestões de como a empresa poderia adotar o passo - d) “Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.” Caso já exista na empresa algo do tipo, apresente em seguida.

A TPM tem por objetivo eliminar as seis reconhecidas grandes perdas:

- 1 Perdas por quebra.
- 2 Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem – *setup* de máquina.
- 3 Perdas por operação em vazio (espera).
- 4 Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal.
- 5 Perdas por defeitos de produção.
- 6 Perdas por queda de rendimento.

E também, visando a “quebra zero”, pretende aplicar as cinco principais medidas, quais sejam:

- 1 Estruturação das condições básicas.
- 2 Obediência às condições de uso.
- 3 Regeneração do envelhecimento.
- 4 Sanar as falhas do projeto (**terotecnologia**).
- 5 Incrementar a capacitação técnica.

Na forma como é proposta, a TPM oferece plenas condições para o desenvolvimento das pessoas que atuam em empresas preocupadas com manutenção. A participação de todos os envolvidos com manutenção resulta nos seguintes benefícios:

- 1 Realização (autoconfiança).
- 2 Aumento da atenção no trabalho.



#### **Terotecnologia**

A Terotecnologia é a alternativa técnica capaz de combinar os meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnicoeconômicas e métodos de gestão de modo a obter ciclos de vida dos equipamentos cada vez menos dispendiosos (a Manutenção é o coração de qualquer Sistema Terotecnológico).

O conceito de terotecnologia é a base da atual “Manutenção Centrada no Negócio” onde os aspectos de custos norteiam as decisões da área de Manutenção e sua influência nas decisões estratégicas das empresas.

Fonte: <[http://www.myq.com.br/html/revistas/54/54\\_abra20.htm](http://www.myq.com.br/html/revistas/54/54_abra20.htm)>

- 3 Aumento da satisfação pelo trabalho em si (enriquecimento de cargo).
- 4 Melhoria do espírito de equipe.
- 5 Melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.
- 6 Aquisição de novas habilidades.
- 7 Crescimento por meio da participação.
- 8 Maior senso de posse das máquinas.
- 9 Diminuição da rotatividade de pessoal.
- 10 Satisfação pelo reconhecimento.



**Educador**, verifique a compreensão dos jovens fazendo uma avaliação dos conteúdos apresentados. Solicite que cada um formule uma pergunta referente à TPM e após, em duplas, um pergunte ao outro. Caso o jovem não consiga responder, o colega que formulou a pergunta deverá dar a resposta e com as devidas orientações.



## Terceira Aula

Nessa aula será apresentado o conceito de *brainstorming* e sua aplicação como ferramenta da TPM.



### Passo 1 / Aula teórica



20 min



#### **Brainstorming**

Ou "tempestade cerebral", mais que uma técnica de dinâmica de grupo, é uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo colocando-a a serviço de objetivos predeterminados.

### *Brainstorming*

A TPM tem por base de suas atividades as realizações em grupo. Assim, o **brainstorming** (tempestade de ideias) assume um grande papel nos resultados. Essa ferramenta objetiva encontrar as melhores soluções coordenando as ideias do grupo.

Essa prática, que sempre foi usada nas empresas de propaganda e publicidade, é hoje utilizada por muitas firmas dos mais variados segmentos.

É uma técnica para a geração de ideias em reunião com vários participantes. O que vale é a quantidade de ideias independentemente de sua qualidade e possibilidade de sua realização prática.

Suas principais regras são:

- nunca criticar qualquer ideia;
- escrever e relacionar cada ideia apresentada;
- não interpretar as ideias, escrevendo-as como forem apresentadas;
- escrever as ideias em um quadro que seja visível para todos.

*Brainstorming* é uma dinâmica de grupo em que as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais, fazem um esforço mental para opinar sobre determinado assunto, onde são determinadas as causas mais significativas que influenciam a situação desse determinado assunto. Essa dinâmica de grupo é possível dividi-la em quatro etapas, sendo:

**1ª etapa** – Explicação da meta ou problema. Consiste em preparar o grupo para o *brainstorming*.

**2ª etapa** – Determinação das causas. De forma organizada, com a participação de todos e com oportunidades iguais, as pessoas apontarão as causas que provocam as características mais importantes do problema.

**3ª etapa** – Determinação das causas mais importantes. Utilizando alguma forma de ponderação, os participantes determinam as causas mais importantes. A seguir, é conduzida uma reflexão para a confirmação das causas, recorrendo a dados e/ou simulações, se possível.

**4ª etapa** – Determinação das contramedidas para atacar as causas mais importantes e elaboração do plano de ação. Deve-se também fazer questionamentos sobre as contramedidas estabelecidas para determinada causa, tais como: Qual delas tem maior impacto sobre a causa? Quais as mais fáceis de implantar? Quais as mais rápidas? Quais as mais baratas? Deve-se implantar uma, duas ou todas?



## Passo 2 / Atividade prática



30 min



Para essa atividade o educador deve dividir a turma em dois grupos e propor para cada grupo um tema diferente para discussão

Como exercício é possível propor qualquer problema para os jovens buscarem a solução, exercitando o trabalho de discussão e cumprindo as etapas da dinâmica, porém é desejável que os temas versem sobre o cotidiano da manutenção da empresa.

Exemplos:

- Uma máquina que vem apresentando constantes problemas de quebra ou superaquecimento.
- Elementos de máquinas que apresentam rápido desgaste.
- Problemas de lubrificação.
- Mau uso da máquina em processos de produção.
- Etc.

**Educador**, siga os passos abaixo para o desenvolvimento da atividade.

- 1 Peça que o grupo eleja um relator.
- 2 Defina o problema para cada grupo.
- 3 Estipule o tempo de trabalho, devendo oscilar entre 10 e 15 minutos.
- 4 Ao término do trabalho, cada grupo apresenta suas conclusões, sendo 5 minutos para cada grupo.
- 5 Pergunte aos jovens qual o parecer deles quanto à dinâmica.
- 6 Faça o fechamento reforçando a importância dessa dinâmica na identificação de problemas e de possíveis soluções no dia-a-dia da manutenção.



## Quarta Aula

Nessa aula será apresentado o conceito do Programa 5S e sua aplicação como ferramenta da TPM.





**Educador**, pergunte aos jovens se alguém já conhece ou ouviu falar do Programa 5S. Caso tenha alguém no grupo que conheça, peça que explique aos demais e faça você as correções necessárias dos conceitos apresentados.

## Programa 5S

O primeiro pilar da TPM determina uma ação quanto à limpeza e organização dos equipamentos para o local de trabalho, sendo assim, para a implantação dessa metodologia, o programa 5S apresenta-se como a melhor solução.

O Programa 5S promove o acultramento das pessoas a um ambiente de economia, organização, limpeza, higiene e disciplina, fatores fundamentais à elevada produtividade.

Esse programa deve funcionar como uma auditoria interna, sem jamais conotar o sentido de policiamento, mas fazer com que o funcionário absorva essa cultura em seu dia-a-dia, tanto na empresa como em sua casa, fazendo que cada vez mais as pessoas se conscientizem do benefício que esse programa proporciona.

O 5S é originário do Japão e refere-se na realidade a cinco letras iniciais de palavras japonesas tendo sua tradução para a língua portuguesa conforme a figura abaixo:



Fig. 2

*Seiri* significa (senso de utilização). Classificar ferramentas, peças, instrumentos, entre outros, mantendo somente o necessário na área de trabalho, guardar em um local distante os itens com uso menos frequente e descartar os itens desnecessários. O *Seiri* luta contra o hábito de manter objetos ao seu lado somente porque serão úteis em alguns dias. O *Seiri* ajuda a manter a área de trabalho arrumada, melhora a busca e eficiência no retorno de informações e geralmente amplia espaço no local de trabalho.

O *Seiton* (senso de organização) significa identificar locais, desenhar mapas de localização, classificar arquivos físicos e virtuais de forma que todos os funcionários tenham e conheçam a forma de acesso. Para isso é necessário que todos tenham as ferramentas à mão, ou seja, deve-se proporcionar um arranjo sistemático para o mais eficiente retorno, um lugar para tudo e tudo em seu devido lugar.

*Seiso* (senso de limpeza). Após o primeiro processo de limpeza quando implementado o 5S, a permanência da limpeza diária é necessária para manter o desenvolvimento do programa. A limpeza facilita a localização imediata de irregularidades no ambiente, fator que passaria sem ser notado antes da implantação.

A limpeza regular é a postura do *Seiso*.

O *Seiketsu* (saudável e seguro senso de saúde). Ajuda a transformar o procedimento padrão em uma coisa natural, ou seja, um novo e salutar hábito de comportamento.

Manter a saúde funcional. Uma vez que os primeiros três S foram implantados, este é o momento da padronização, ou seja, manter as boas práticas de trabalho na área.

Sem isso, a situação cairá em um processo de abandono e os velhos hábitos retornarão.

É necessário um processo simples de padronização para desenvolver a estrutura e dar suporte a ela, permitindo que os funcionários juntem-se ao desenvolvimento dos processos de padronização. É comum e providencial adotar nesse momento atividades que aprimorem os aspectos de saúde e qualidade de vida para com os colaboradores.

O último senso se estabelece em mostrar a melhora dos resultados por meio de gráficos, promover e agregar novas ideias assegurando que o processo mantenha-se vivo, expandindo-se para outros pontos da empresa, concretizando o *Shitsuke*, a autodisciplina.

O efeito da melhora contínua proporcionará menor desperdício, melhor qualidade e ganhos expressivos na administração do tempo, sendo assim releva-se a redução nos custos.

**Educador**, solicite aos jovens sugestões de aplicação do 5S (nos ambientes deste curso, na empresa, na escola, em casa, etc.). Peça também que avaliem a pertinência desse programa nos processos de manutenção.



## Passo 2 / Atividade prática



20 min



**Educador**, proponha aos jovens um planejamento de um programa 5S onde cada um exercitará cada senso em sua casa (quarto, quintal, quarto de ferramentas, armário de mantimentos, etc.)

Peça que façam o planejamento em sala de aula e cada um execute em sua casa.

Na próxima aula solicite que apresentem os resultados e melhorias com a implantação do programa em casa.

## Quinta Aula



Nessa aula será apresentado o *Checklist* e sua aplicação como ferramenta da TPM.



## Passo 1 / Aula teórica



20 min

### *Checklist*

Você já ouviu falar da rotina feita pelos pilotos de avião a cada decolagem?

Eles usam um *checklist*, que tem a relação de etapas a executar e verificações a fazer, garantindo o não-esquecimento de nenhum aspecto que possa comprometer a segurança do voo.

Essa ferramenta simples pode ser usada amplamente dentro das empresas, ajudando a execução de tarefas complexas e o treinamento de pessoas.

A seguir, na figura 3 – *Checklist* de Manutenção, é apresentado um exemplo de *checklist* de um automóvel:

Os ícones abaixo representam Bom e Ruim, respectivamente.

























































Equipamentos obrigatórios	
<b>Limpador e lavador de parabrisa</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Inexistente	
<input type="checkbox"/>  Danificado ou com funcionamento deficiente	
<b>Extintor de incêndio</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Validade vencida	
<b>Buzina</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Inexistente	
<input type="checkbox"/>  Funcionamento deficiente	
<b>Cintos de segurança</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Inexistente ou quantidade insuficiente	
<b>Triângulo de segurança</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Inexistente	
<b>Estepe</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Fixação deficiente	
Sinalizações	
<b>Luz indicadora de direção (setas)</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Uma ou mais não funcionam	
<b>Luz de freio</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Uma ou mais não funcionam	
<b>Luz indicadora de posição</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Uma ou mais não funcionam	
<b>Luz de ré</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Não funciona	
Iluminação	
<b>Lâmpada dos faróis principais</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Uma ou mais não funcionam	
<b>Lâmpadas da placa traseira</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Funcionamento deficiente	
Freios	
<b>Reservatório do líquido de freio</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Falta estanqueidade	
<input type="checkbox"/>  Nível do líquido insuficiente	
<b>Freio de estacionamento</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Danificado ou com funcionamento deficiente	
Motor e climatização	
<b>Motor</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Vazamento de óleo	
<b>Climatização</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Funcionamento do ar quente irregular	
<input type="checkbox"/>  Funcionamento do ar frio irregular	
<b>Arrefecimento</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Nível do líquido irregular	
<input type="checkbox"/>  Ausência de aditivo	
<input type="checkbox"/>  Vazamentos	
<b>Correias auxiliares</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Conservação/fixação deficiente	
Gerenciamento eletrônico	
<b>Carga e bateria</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Tensão da bateria inadequada	
<input type="checkbox"/>  Tensão do alternador inadequada	
<b>Gerenciamento eletrônico</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Anomalia acessa quando existente	
Direção	
<b>Volante e coluna</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Folgas excessivas	
<input type="checkbox"/>  Danificado ou com funcionamento deficiente	
Suspensão	
<b>Amortecedores</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Conservação/fixação deficientes	
<input type="checkbox"/>  Vazamento de fluido	
<b>Bandejas, braços e pivôs</b>	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/>  Conservação/fixação deficientes	
<input type="checkbox"/>  Folgas excessivas	
Observações	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

Fig. 3 – Checklist de manutenção.



**Educador**, proponha aos jovens a divisão em três grupos de trabalho, sendo que cada grupo deverá elaborar um *checklist*.

Para isso, solicite que cada grupo eleja uma máquina por eles conhecida, e a partir daí elaborem o *checklist* contemplando:

- partes da máquina que necessitam de controle da manutenção;
- peças e componentes que devem ser reparadas;
- peças e componentes que devem ser substituídos;
- pontos de lubrificação;
- tipos de lubrificantes;
- grau de conhecimento do operador referente às partes e funcionamento da máquina;
- necessidade de treinamento;
- Etc.

Peça que apresentem os resultados à turma, argumentando e solicitando contribuições dos demais grupos.

**Educador**, é necessário que, caso haja esse recurso, sejam disponibilizados computadores para a elaboração do *checklist*. Comente com os jovens sobre as diferentes escalas de **cotejo** (de 1 a 5; de 0 a 10; de péssimo a ótimo; carinhas tristes e alegres), em função do grau de escolaridade e cultura do respondente.



### Cotejar

**1** Investigar, analisar (alguma coisa), colocando(-a) em confronto com (outra), esp. a partir de uma cota ('nota'); confrontar.

Exemplo: <a banca cotejou as teses> <cotejou as hipóteses com os resultados obtidos>.

**2** Estabelecer comparação entre; investigar (semelhanças e/ou diferenças) entre (uma ou mais coisas); comparar.

Exemplo: <cotejou a beleza das irmãs> <cotejou sua vida com a do seu poeta predileto>.

Fonte – Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa, Versão 1.0.

## Sexta Aula



Nessa aula serão apresentados os conceitos da Manutenção Autônoma, seu histórico, seus objetivos e sua contribuição na formação de recursos humanos.



## Manutenção Autônoma

A evolução da tecnologia proporcionou a instalação de novos equipamentos, e grandes inovações foram sendo executadas, sendo que os processos passaram a ser mais precisos e complexos.

A estrutura empresarial, acompanhando esse desenvolvimento, exigiu que seus setores de produção se dedicassem exclusivamente a esse fim, e o departamento de manutenção deveria se responsabilizar por quase todas as funções de manutenção.

A busca pela competitividade e a redução de custos proporcionou também estudos referentes ao reconhecimento de que um dos pontos decisivos era a chegar até o limite da utilização dos equipamentos já existentes, atribuindo à produção algumas funções de manutenção. Por essa razão a manutenção autônoma, que tem como objetivo a atividade de prevenção de deterioração, tem incrementado, como função básica das equipes de trabalho, a atividade de manutenção.

As atividades em pequenos grupos são uma característica peculiar no Japão, tais como Círculo de Controle de Qualidade (CCQ), grupos ZD (Zero Defeito) e JK (*Jishu Kanri* - controle autônomo). Elas passaram a ser amplamente difundidas, consolidando-se a ideia de que cada um executa e controla o seu trabalho. Levando essa mentalidade adiante, definiu-se que cada um cuida de seu próprio equipamento, surgindo, assim, a proposta da Manutenção Autônoma, (*JISHU-HOZEN*).

Manutenção Autônoma só é possível com a capacitação dos operadores, com o objetivo de torná-los aptos a promover, no seu ambiente de trabalho, mudanças que garantam altos níveis de produtividade. Sendo assim, significa mudar o conceito de **eu fabrico, você conserta para do meu equipamento cuidado eu.**

A Manutenção Autônoma é realizada com as habilidades dos operadores em sete passos.



**Educador**, proponha um “quebra-cabeças” da seguinte maneira:

- 1 Prepare, previamente, sete fichas, escrevendo em cada uma, um dos passos da Manutenção Autônoma, ou seja:
  - Elaboração de normas provisórias de limpeza, inspeção e lubrificação.
  - Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso.
  - Gerenciamento autônomo.
  - Inspeção autônoma.
  - Inspeção geral.
  - Limpeza inicial.
  - Padronização.
- 2 Divida o pessoal em sete grupos.
- 3 Para cada grupo entregue uma ficha.
- 4 Peça que cada grupo leia para os demais as informações de sua ficha.
- 5 Peça que se organizem para colocar na ordem, segundo a lógica do grupo.
- 6 Peça que justifiquem suas decisões.
- 7 Apresente a ordem correta:
  - 1° passo - Limpeza inicial.
  - 2° passo - Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso.
  - 3° passo - Elaboração de normas provisórias de limpeza, inspeção e lubrificação.
  - 4° passo - Inspeção geral.
  - 5° passo - Inspeção autônoma.
  - 6° passo - Padronização.
  - 7° passo - Gerenciamento autônomo.

Os atos de limpar, alinhar, checar, lubrificar e apertar porcas e parafusos de forma rotineira impedem o desenvolvimento de falhas nos equipamentos. Esses esforços atribuídos aos operadores posicionam o pessoal de manutenção, os manutentores, a se concentrar nas atividades mais específicas e sofisticadas.

Para viabilizar o lema "**do meu equipamento cuidado eu**" são necessárias, além da capacidade de fabricar produtos, quatro habilidades para se realizar a manutenção dos equipamentos, conforme seguem:

- 1 Capacidade para descobrir anormalidades. Possuir visão acurada para distinguir as anormalidades que não significa simplesmente "o equipamento quebrou" ou "surgiram peças defeituosas", mas sim considerar a verdadeira capacidade de reconhecimento das anormalidades do sistema de causas, "parece que vai quebrar", "parece que vão surgir peças defeituosas", etc.



### Anomalia

Anomalias são quebras de equipamentos, qualquer tipo de manutenção corretiva, defeitos em produto, refugos, retrabalhos, insumos fora de especificação, reclamações de clientes, vazamentos de quaisquer naturezas, paradas de produção por qualquer motivo, atrasos nas compras, erro em faturas, erro de previsão de vendas, etc. Ou seja, são todos os eventos que fogem do normal.

- 2 Capacidade de tratamento e recuperação. Conseguir executar com rapidez, as medidas corretas em relação às anormalidades.
- 3 De acordo com o grau da anormalidade, é necessário tomar atitudes mediante as avaliações precisas, relatando ao superior, à equipe de manutenção ou a outros departamentos.
- 4 Capacidade para estabelecer condições. Saber definir quantitativamente os critérios de julgamento de uma situação normal ou anormal. Para isso, nos equipamentos, devem estar definidos os níveis de trabalho no que se refere a pressões, temperatura e etc.
- 5 Capacidade de controle para manutenção da situação. Cumprir rigorosamente as regras definidas.

A prevenção antes da ocorrência da **anomalia** é que vai permitir a utilização segura do equipamento. Para tanto, é necessário cumprir as regras definidas, tais como: normas básicas de limpeza e lubrificação, normas básica de inspeção autônoma, etc. Por outro lado, quando as regras não podem ser cumpridas, devem-se examinar as razões pelas quais elas não são respeitadas, revisando-se os métodos de inspeção e promovendo melhorias no equipamento de forma a facilitar o cumprimento das regras.

**Educador**, discuta com os jovens as peculiaridades da TPM e da Manutenção Autônoma, verificando as diferenças, as vantagens e aplicações de uma e de outra.



## Sétima e Oitava Aulas

Nessas duas aulas será realizada uma visita às dependências da empresa em seus setores de produção com o objetivo de identificar possibilidades de implantação do programa de TPM.





## Passo 1 / Aula prática



100 min



### Educador

- 1 Como todo trabalho deve ser previamente planejado, solicite que os jovens elaborem um roteiro para a visita. Certifique-se de que eles terão todas as condições para elaborar o roteiro, partindo do pressuposto que eles já conhecem os ambientes da fábrica.
- 2 Verifique, junto à fábrica, o melhor horário para as visitas.
- 3 Oriente, previamente, os funcionários, encarregados e supervisores das áreas de produção para receber os jovens, permitir que assistam ao processo de fabricação e responder às eventuais perguntas.

Oriente os jovens no sentido de observarem:

- Ferramentas utilizadas no processo.
- Descrição dos componentes do conjunto mecânico.
- Lista de material necessário.
- Tipo de lubrificação.
- Paradas para troca de turno/operadores.
- Existência de plano de manutenção periódica.
- Ocorrências.
- Uso de Equipamentos de Proteção Individual - **EPI** e Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC.
- Demais aspectos de segurança.



### EPI

Equipamento de Proteção Individual como óculos, protetor auricular, botas, luvas, etc



**Educador**, acompanhe, na medida do necessário, a visita dos jovens à empresa e auxilie na coleta dos dados acima relacionados.

## Nona, Décima e Décima Primeira Aulas



Nessas três aulas será elaborado um Plano de TPM – Manutenção Produtiva Total, tendo como referência os dados coletados na visita realizada à empresa.



## Passo 1 / Aula prática



150 min

Os jovens deverão elaborar um Plano de Manutenção Produtiva Total, utilizando-se de modelos utilizados na empresa e tendo como referência:

- as informações coletadas na empresa;
- as ferramentas estudadas em sala de aula;
- os referenciais da empresa para manutenção;
- o histórico das manutenções;
- o histórico e o planejamento da produção;
- o uso de formulários ou modelos da empresa, se houver.



**Educador**, dependendo dos recursos disponíveis, o relatório deverá ser formatado em um computador e impresso. Para essa formatação lembramos a necessidade de verificar se há formatos padronizados e profissionais da área de Comunicação para orientá-los.



## Décima Segunda e Décima Terceira Aulas

Nessas duas aulas serão apresentados para a turma os planos de manutenção elaborados, tendo em vista a apreciação, análise e contribuições de melhoria pelo grupo.



## Passo 1 / Aula prática



100 min



**Educador**, verifique os recursos necessários e os disponíveis para a apresentação de cada grupo (computador, projetor, retroprojetor, videocassete, televisor, *flip-chart*, cartolinas, pincéis atômicos, etc.).

- 1 Seja rigoroso no tempo destinado para as apresentações.
- 2 Combine com o grupo regras sobre perguntas. Elas serão feitas durante ou no fim das apresentações?

- 3 Providencie previamente, a partir das solicitações dos jovens, alguns conjuntos mecânicos e eletromecânicos que contenham: anéis elásticos, pinos e chavetas, rolamentos com respectivos acessórios de fixação, retentores e selo mecânico, de preferência aqueles comumente encontrados na empresa, para que, a partir da proposição de problemas reais ou fictícios apresentados, os jovens possam realizar a desmontagem, a manutenção e a montagem, considerando:
- sequência de desmontagem;
  - limpeza e organização;
  - identificação das peças;
  - análise dos componentes;
  - capacidade de julgamento;
  - técnicas de manipulação de ferramentas;
  - aspectos de segurança;
  - sequência de montagem;
  - entre outros.

**Educador,**

- Pergunte aos jovens qual o parecer deles quanto a essa dinâmica.
- Faça o fechamento reforçando a importância dessa dinâmica na identificação de problemas e de possíveis soluções no dia-a-dia da manutenção.
- Faça a contextualização dos trabalhos apresentados com o dia-a-dia da empresa.

## Décima Quarta, Décima Quinta e Décima Sexta Aulas



Nessas três aulas será desmontado um conjunto mecânico, realizada a manutenção e montado novamente.



**Educador**, selecione com antecedência alguns conjuntos mecânicos que sejam de interesses dos jovens. Nessa aula está prevista uma demonstração por parte do educador e, após, a realização dos procedimentos pelos jovens.

Providencie previamente um conjunto mecânico, de preferência um mancal de rolamento para que, a partir de proposição de problemas apresentados, reais ou fictícios e, com base no plano de manutenção elaborado pelos jovens, possam realizar:

- 1 a desmontagem;
- 2 a manutenção;
- 3 a montagem do conjunto mecânico, considerando:
  - sequência de desmontagem;
  - limpeza e organização;
  - identificação das peças;
  - análise dos componentes;
  - capacidade de julgamento;
  - técnicas de manipulação de ferramentas;
  - aspectos de segurança;
  - sequência de montagem;
  - entre outros.

**Educador**, faça uma avaliação de todas as etapas, elaborando previamente seu instrumento de avaliação e definindo os critérios, como um *checklist*. Por exemplo:

- 1 Desmontagem (tempo, organização, procedimento, identificação, etc.).
    - 1.1 Quanto tempo? Que tipo de organização? Definiram procedimento e o seguiram? Identificaram corretamente as peças? Na sequência?
- Ter um instrumento de avaliação e apresentar antes aos jovens torna a avaliação mais democrática e justa.

## Décima Sétima Aula



Nessa aula será realizada avaliação teórica referente aos conteúdos apresentados.

**Educador**, a avaliação tem por objetivo verificar a retenção e assimilação dos conteúdos pelos jovens, mas também a verificação do desempenho do educador. Procure, ao apresentar o resultado das avaliações, relacioná-las com situações reais e concretas e recuperar os pontos falhos. A recuperação não deve ter por objetivo melhorar a nota do jovem, nem mesmo apresentar novamente um conteúdo, mas, principalmente, ensiná-lo a pensar de uma forma diferente para que aprenda e assimile aquele conhecimento ou aquela habilidade.

### **Educador**

- 1 Reproduza as páginas a seguir que correspondem à avaliação em número suficiente para o grupo de jovens.
- 2 Agende com antecedência a data de aplicação da avaliação, certificando-se que todos comparecerão.
- 3 Providencie os recursos necessários, como, por exemplo, uma sala aconchegante, isenta de ruídos e em horário que não haverá interrupções, nem muito barulho da fábrica.



PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Manutenção Eletromecânica

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

### Avaliação Teórica 1

- 1 Na sua configuração inicial, a TPM – Manutenção Produtiva Total – contava com cinco pilares ou atividades, estabelecidos como básicos para dar sustentação ao desenvolvimento da metodologia e posteriormente foram incluídas mais três atividades. Cite, pelo menos, quatro dessas atividades ou pilares da TPM.

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

- 2 Explique, com suas palavras, do que trata o Programa 5S e qual a sua importância nos processos de manutenção.

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

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

3 A Manutenção Preditiva faz uso de técnicas de monitoração e testes periódicos para o planejamento das intervenções corretivas. Cite, pelo menos, três desses testes.

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

4 Coloque ( V ) para Verdadeiro e ( F ) para falso nas afirmações abaixo:

- ( ) A manutenção preditiva é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições dos componentes da máquina.
- ( ) O *Checklist* é uma ferramenta muito simples, portanto não deve ser utilizada em processos de TPM.
- ( ) O ato de limpar, alinhar, checar, lubrificar e reapertar porcas e parafusos de forma rotineira, impede o desenvolvimento das falhas nos equipamentos.
- ( ) Durante o *Brainstorming* é necessário descartar as opiniões inúteis, criticando aquelas que não correspondem ao problema.
- ( ) A manutenção autônoma tem por princípio “do meu equipamento cuidado eu”.



- 5 Das seis grandes perdas apresentadas, cite, pelo menos, três que a TPM tem por objetivo eliminar.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## 2 Automação e suas Implicações

Neste capítulo os jovens conhecerão a evolução histórica da automação e a sua finalidade. Serão apresentados conceitos fundamentais sobre automação, suas aplicações e implicações, bem como os elementos e tecnologias envolvidos nesta área. Para dar uma visão abrangente sobre o assunto, serão tratados temas tais como: lógica de automação, ferramentas de auxílio computadorizadas, máquinas industriais e robótica.

### Objetivos

- Conceituar automação.
- Acompanhar a evolução histórica da automação.
- Entender a finalidade da automação.
- Exemplificar o uso da automação.
- Entender a lógica de automação.
- Utilizar diagrama de blocos.
- Caracterizar as principais tecnologias usadas em automação industrial.
- Descrever a finalidade das ferramentas usadas em ambientes de automação.
- Compreender a finalidade da integração de sistemas.
- Entender os conceitos básicos relacionados à tecnologia de máquinas-ferramentas CNC.
- Entender os conceitos básicos relacionados à tecnologia robótica.



# Primeira Aula



O objetivo dessa primeira aula é fornecer ao jovem uma visão detalhada do conceito de automação, mostrando-lhe do que se trata esta tecnologia, quais suas vantagens, como surgiu e evoluiu ao longo dos anos. São introduzidos conceitos importantes sobre controle de sistemas e sua relação com a Cibernética, bem como a linha de tempo que culminou com o surgimento e desenvolvimento da automação industrial.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min

### Conceito da automação

Automação é o conjunto das técnicas e dos sistemas de produção fabril baseados em máquinas com capacidade de executar tarefas previamente executadas pelo homem e de controlar sequências de operações sem a intervenção humana.

Podem-se controlar essas máquinas e processos com o uso de dispositivos mecânicos e/ou eletroeletrônicos, como sensores, computadores, **CLPs**, **CNCs**, Robôs, etc.

Automatizar significa implementar métodos e dispositivos em um processo de modo que este possa ocorrer automaticamente, independente da ação humana, sem falhas e continuamente, eliminando a necessidade de presença humana em atividades prejudiciais ao homem.



**CLP**

Controlador Lógico Programável

**CNC**

Computer Numerical Control ou (comando)

**Educador**, não se limite a citar os exemplos a seguir, justifique cada um. Estimule sempre os jovens a se perguntarem como tais resultados são obtidos. Cite exemplos de sua própria experiência.

Podem-se citar como vantagens da automação:

- melhoria da produtividade;
- melhoria da qualidade do produto;
- maior precisão;
- redução de custos e do tempo de produção;
- ganho de flexibilidade (a linha de produção pode ser alterada para diferentes tipos de produtos sem maiores investimentos);

- menor necessidade de mão-de-obra;
- maior segurança;
- melhoria do ambiente de trabalho (redução de trabalhadores em ambientes de risco);
- trabalho contínuo e repetitivo (as máquinas não precisam “descansar”);
- aumento do lucro (pelos fatores citados anteriormente).

Um sistema típico de automação pode ser conceituado em três partes:

- 1 Aquisição de dados (sensores).
- 2 Controle (controladores).
- 3 Atuação (dispositivos de ação).



Fig. 1 – Sistema típico de automação.

Os sensores são os responsáveis por fornecer ao controlador as variáveis de uma linha de produção (localização de uma peça, finalização de uma etapa do processo, temperatura, pressão, vazão, tamanho, peso, cor, etc.). Essas informações são levadas até o controlador pelos meios de transmissão (fios, cabos, fibras, entre outros).

O controlador toma a decisão do que fazer de acordo com o programa que está em sua memória. Os CLPs (Controlador Lógico Programável) são exemplos de controladores amplamente utilizados na automação, assim como os CNCs (Comando Numérico Computadorizado) e os Centros de Usinagem.

De acordo com a decisão tomada pelo controlador (programada em memória), este envia sinais de comando até os atuadores.

Os atuadores que recebem esses sinais de controle executarão a atividade solicitada. Podem-se citar como exemplo de atuadores, os motores, os cilindros eletropneumáticos e os eletro-hidráulicos, válvulas, robôs, garras, entre inúmeros outros.



Vários dos princípios estudados em automação são oriundos de uma ciência chamada Cibernética, que estuda a comunicação e o controle, tanto em seres vivos quanto nas máquinas. Para que os jovens percebam mais claramente a relação entre as três partes citadas acima, sugere-se uma analogia com o corpo humano, onde:

**Sensores -> sentidos**

**controlador->cérebro**

**atuadores-> músculos**

Para facilitar o entendimento, ilustra-se um processo simples de automação:

Quando não existiam máquinas de lavar roupas automáticas, era preciso que a dona-de-casa ficasse observando o enchimento da máquina até o nível máximo do tanque. Com isso, ela deixava de executar outras atividades enquanto o tanque enchia, e se o processo não fosse vigiado, a água poderia transbordar.

Com as máquinas automáticas o ganho foi maior do que um simples controle de nível de água, controlando também o início do processo de lavagem até a sua finalização. Abaixo, a figura com o processo simplificado:

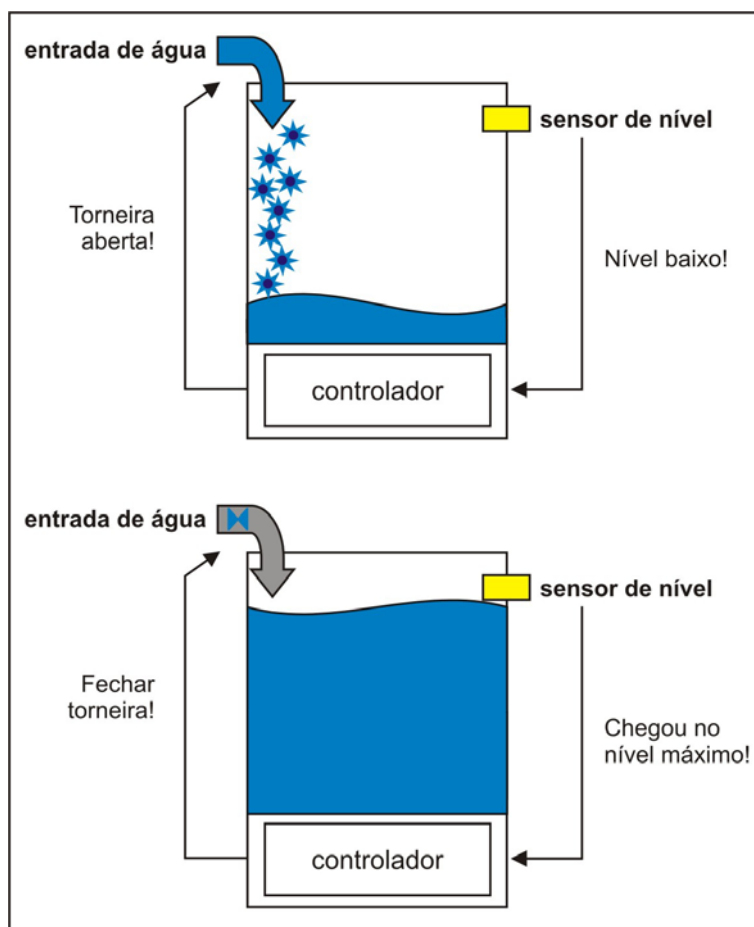


Fig. 2 – Exemplo simples de automação



Estimule a participação e a interação dos jovens durante a aula teórica, solicitando outros exemplos simples de automação e controle. Para uma melhor compreensão de como a automação evoluiu ao longo do tempo, podem-se selecionar trechos de filmes tais como: **Tempos Modernos** - com Charlie Chaplin e **Fábrica de Loucuras** - com Michael Keaton e compará-los a alguns dos filmes de automação existentes em grande número no *site* Youtube. Basta pesquisar por termos como: automação, robótica, FMS, etc.

Como sugestões:

<http://www.youtube.com/watch?v=-oZ3eodFKBg> - Robôs de soldagem

<http://www.youtube.com/watch?v=6P2vUlsOe7M> - Fabricação de caminhões

## Evolução histórica da automação

A automação teve seu início na Revolução Industrial (século XVIII). O uso de máquinas e equipamentos que ajudavam o homem a trabalhar com menor esforço foi chamado de mecanização.

No início do século XX surgem equipamentos de operação automática, exigindo uma menor interferência humana no processo de produção. Eram criadas as linhas de montagem automobilísticas com Henry Ford. Daí em diante, o avanço tecnológico da área de automação é cada vez maior, sempre proporcionando o aumento da qualidade e quantidade da produção, além da redução de custos. O avanço da microeletrônica permitiu que os grandes painéis de relés e contadores fossem substituídos por CLPs, maximizando ainda mais a flexibilidade e expansibilidade de um processo automatizado. Os programas de computadores da década de 90 também auxiliam esse avanço. Programas supervisórios e de controle deixam o chão de fábrica mais perto do corporativo, permitindo que as tomadas de decisões sejam mais certas e rápidas.

### Cronologia da evolução da automação

245 a.C. – Ctésibius de Alexandria cria um relógio que funciona por meio do controle de fluxo d'água (clepsidra).

1769 – James Watt aperfeiçoa o motor a vapor criando o primeiro controlador industrial (Revolução Industrial).

### Século XX:

- 1920 – **Linhas de montagem** para produção em massa (Ford).
- 1945 – Máquinas e comando numérico na indústria de manufatura.
- 1950 – Sistemas de controle na indústria de processos.
- 1959 – Sistema de controle de computador para uma fábrica da Texaco.

### Década de 70:

- Microeletrônica.
- Microprocessadores.

### Década de 80:

- **Software CAD/CAM.**
- **Sistemas supervisórios.**



#### **Linhas de montagem**

Linha de produção sequencial. A montagem acontece de maneira serial.

#### **CAD**

*Computer Aided Design* ou desenho auxiliado por computador.

#### **CAM**

*Computer-Aided Manufacturing* ou manufatura auxiliada por computador.

#### **Sistemas supervisórios**

Uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos para fazer a comunicação entre um computador e uma rede de automação que traz ferramentas padronizadas para construção de interfaces entre o operador e o processo.



- Barateamento do *hardware*.
- Utilização do computador em todos os setores da indústria.



Década de 90:

- Dispositivos inteligentes.
- **Fieldbus.**
- Sistemas distribuídos.

Século XXI:

- **Ethernet.**
- **Inteligência Artificial.**
- **Realidade Virtual.**
- **Machine Vision** (visão de máquina).
- **Convergência Digital.**
- **Wireless.**

#### **Fieldbus**

Rede de comunicação industrial para controle em tempo real.

#### **Ethernet**

Rede de comunicação de dados caracterizada pela transmissão de informações de forma local.

#### **Inteligência artificial**

Área de pesquisa da ciência da computação que visa construir dispositivos capazes de resolver problemas/situações baseados em experiências anteriores "pensando".

#### **Realidade virtual**

Tecnologia de interface entre homem e máquina, com o objetivo de recriar ambientes, tornando-os o mais próximo possível da realidade.

#### **Machine Vision**

Visão de máquina.

#### **Convergência digital**

Unificar vários serviços ou produtos de tecnologia numa só plataforma, facilitando a vida do usuário.

#### **Wireless**

Tecnologia de transmissão de dados sem fio.

## Segunda Aula



Nessa segunda aula serão apresentados exemplos do uso da automação, além de ressaltar a sua finalidade. Os exemplos poderão ser tanto da área industrial quanto do cotidiano do jovem. O objetivo é mostrar que automação pode ser encontrada nas mais variadas áreas de nossas vidas, dos processos mais simples aos mais sofisticados.



Passo 1 / Aula teórica



50 min

### Finalidade da automação

A principal finalidade da automação é auxiliar o homem em tarefas que ele não consegue executar facilmente, ou que traria prejuízos ao trabalhador caso a atividade fosse extremamente repetitiva ou de risco, reduzindo custos e aumentando a produtividade.

Os três princípios básicos da automação:

- Modularidade.
- Desempenho.
- Expansibilidade.

**Modularidade** – Capacidade de trabalhar em blocos, facilitando o processo de automação e expansão. A modularidade visa trazer redução de custos e flexibilidade na mudança do processo.

**Desempenho** – Diretamente ligado à eficiência do processo de produção. É a capacidade de atingir resultados, utilizando o mínimo de recursos possíveis.

**Expansibilidade** – Uma boa automação deve prever novas tecnologias e o crescimento de uma linha de produção. É a capacidade de absorver o crescimento sem grandes custos ou mudanças de equipamento.



Muitas pessoas entendem que a automação está diretamente ligada ao desemprego, mas nem sempre isso é verdade. Mesmo com a automação completa de uma linha de produção ainda é necessária a presença de trabalhadores que acompanhem o processo e possam intervir quando algum problema acontecer. Além disso, a manutenção e programação dos equipamentos ainda é uma função humana.

**Educador**, estimule a participação e a interação dos jovens durante a aula teórica solicitando a eles que reflitam sobre as vantagens e desvantagens da automação discutidas e exponham suas opiniões, fixando assim os conceitos e suas finalidades.

### Exemplos de uso da automação

A automação não está presente apenas no ambiente industrial, mas praticamente em tudo hoje em dia. O homem sempre sentiu a necessidade de facilitar processos ou ainda melhorar a qualidade deles, por isso a automação é tão difundida. Por exemplo, o termo automação predial não significa que existe uma linha de montagem dentro de um prédio, mas sim que uma instalação residencial ou comercial tem algum tipo de controle automatizado.



Neste ponto os jovens já devem ter bem claros os conceitos básicos da automação. É importante que eles sejam capazes de identificar nas várias áreas a seguir os princípios citados anteriormente. Portanto, não se limite a enumerar o que está listado. Procure esclarecer como a automação está presente em cada um dos exemplos. Tente estimular os jovens a descreverem como eles aplicariam automação em cada uma das áreas e complemente com sua experiência.



Proponha aos jovens que pesquisem na *Internet* exemplos de cada uma das áreas a seguir. **Dica:** há vários vídeos sobre o tema no site **www.youtube.com**. É só pesquisar por termos como: automação, robótica, etc.

Exemplos de vídeos que podem ser encontrados:

<http://www.youtube.com/watch?v=z6TPJImmUPA> - Linha de produção

<http://www.youtube.com/watch?v=FLf-VVgRNKU> - Embaladora

<http://www.youtube.com/user/texton2> - Extração de água de coco

<http://www.youtube.com/watch?v=1781k5rsJRY> - Usinagem de peças

<http://www.youtube.com/watch?v=ecUtdFpZI20> - Colheitadeira

<http://www.youtube.com/watch?v=nUDZ1OEC5s8> - Prótese biônica

<http://www.youtube.com/watch?v=L5JHMpLIqO4> - Robótica

Abaixo, alguns setores que utilizam automação e seus exemplos:

### **Indústria**

- Automobilística
- Química
- Farmacêutica
- Alimentícia
- Têxtil
- Plástica
- Siderúrgica
- Petrolífera

### **Agropecuária**

- Ceifadoras
- Semeadoras
- Colhedeiras
- Tratores

### **Transportes**

- Ferroviário
- Rodoviário (Sem Parar nos pedágios)
- Aéreo
- Naval

### **Bancária**

- TEF (Transferência Eletrônica de Fundos)
- Caixa eletrônico

### **Comercial**

- Supermercados
- Estoques
- Código de barras
- Acompanhamento de entregas

### **Predial**

- Segurança
- Sistema de incêndio
- Climatização (ar-condicionado)
- Telefônica

### **Entretenimento**

- Parques de diversão
- Simuladores de voo

### **Médica**

- Cirúrgica
- Manipulação de exames
- Tomografia computadorizada
- Próteses

**Educador**, para que os jovens consigam visualizar a automação em cada uma das áreas citadas acima, eles devem primeiro ter o perfeito entendimento do que vem a ser controle de processos, que é o fundamento da automação.

Em todo processo tem-se variáveis de campo, citadas anteriormente como as informações captadas pelos sensores.

Essas informações devem ser entendidas e processadas por um controlador (normalmente programado para a aplicação específica). Esse processador toma decisões pré-programadas e envia sinais aos atuadores.

Os atuadores executam a tarefa para as quais eles foram implementados.

## Exemplos de automação

### Transporte

#### **Rodoviário**

O “Sem Parar” é um exemplo típico de automação de um processo antes feito apenas por homens. A fim de evitar filas nos pedágios, foi instalado em faixas específicas da rodovia um sensor de cobrança que detecta se o carro que está tentando passar pela descrita faixa tem o aparelho emissor de sinal. Se o carro tiver esse sensor, automaticamente será registrada sua passagem pela praça de pedágio e o custo dessa passagem é direcionado a uma central, juntamente com os dados do veículo e do proprietário, para que no fim do mês chegue a fatura de cobrança na casa do consumidor.

Esse é o tipo de facilidade e comodidade que a automação pode trazer para nós.

### Entretenimento

#### **Parques de diversão**

Quando se vai a um parque de diversão, mal se consegue prestar atenção que a automação está presente em tudo. A euforia é tanta que a pessoa esquece de que é ela quem traz segurança aos usuários das mais mirabolantes montanhas-russas a outros brinquedos. Todo o sistema de embarque no carrinho, travas de segurança, partida, controle de velocidade, rotação, frenagem e parada é feito por sensores e atuadores pneumáticos e hidráulicos, além de ser comandado por CLPs.

### Predial

Quando se entra em um prédio, observa-se que, se ele conta com um sistema de ar-condicionado e sensores de fumaça, a automação está presente. A segurança também é um fator que exige que a automação esteja presente, seja com câmeras integradas à *Internet* para vigilância remota até um sistema de telefonia integrado com a polícia para situações de emergência. Todo o controle de elevadores inteligentes também é feito pela automação predial, elevadores que param em andares específicos ou que atendem a uma faixa de andares; tudo isso com controle de velocidade progressiva no caso de prédios muito altos.

## Comercial

### **Supermercados/Estoque**

Houve um tempo em que os operadores de caixas de supermercados tinham de ficar digitando o preço de cada produto que passava pela sua esteira. Realmente os leitores de código de barras revolucionaram esse processo. Não apenas poupando o trabalho dos operadores e diminuindo o erro humano, caso um preço fosse digitado errado, mas também integrando diretamente o caixa ao controle de estoque. Instantaneamente os responsáveis pelo estoque sabem a quantidade de um determinado produto que acaba de deixar a prateleira de seu supermercado. Com isso, conseguem prever exatamente quando um novo pedido deve ser feito, ou se um produto que tem pouca saída deve ser retirado da prateleira porque sua validade está se esgotando.

## Indústria

### **Automobilística**

Cada dia que passa as indústrias automobilísticas têm de ser mais dinâmicas e aquela produção massiva, por batelada, não é mais tão interessante para os donos dessas empresas. Os clientes ficam mais exigentes e querem modelos personalizados e sempre renovados. A linha de produção tem de ser flexível para acompanhar essas solicitações. A automação flexível ajuda esses empresários a decidir o tipo de carro que querem produzir a qualquer momento, sem a necessidade antiga de fábricas gigantescas para comportar uma linha para cada modelo.



Solicite aos jovens que exemplifiquem/identifiquem outros processos automatizados e discutam se a automação foi bem empregada ou não.

# Terceira Aula



A principal ideia por trás da automação é a possibilidade de controle de eventos externos por meio da tomada de decisões pré-programadas que são disparadas com base na combinação de dados coletados por sensores. Nessa terceira aula serão apresentados os fundamentos da lógica de automação e da Álgebra de Boole. O objetivo é mostrar aos jovens como os eventos externos podem ser associados de forma lógica para se obter os resultados desejados.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min

### Lógica de automação

Todo sistema automatizado tem seu funcionamento baseado na lógica. A lógica é uma ciência tanto de origem matemática quanto filosófica. Os pensadores dizem que o pensamento é a manifestação do conhecimento cujo objetivo é a expressão da verdade, e para que isso seja possível, algumas regras devem ser estabelecidas.

Um sistema lógico é um conjunto de regras e premissas que por meio do processamento dessas informações altera as variáveis de saída para modificar o andamento de um processo.

A lógica tem diversas ramificações de estudos, como, por exemplo, a lógica matemática, a filosófica, a de predicados, a difusa (também conhecida como **lógica fuzzy** e muito utilizada na automação), a booleana (conhecida como álgebra de Boole), entre outras.



#### Lógica Fuzzy

Também conhecida como lógica difusa ou nebulosa, é uma variação da lógica booleana, onde valores lógicos intermediários podem ser utilizados (não apenas verdadeiro ou falso). A incerteza dos valores intermediários como o talvez, médio, morno, entre outros, faz com que as opções de controles sejam maiores e mais precisas.



A tomada de decisão neste contexto é baseada no princípio **Se/Então/Senão**, onde o **SE** corresponde à condição testada (que pode ser fruto da combinação de várias condições mais simples por meio de operações **AND**, **OR**, **NOT**, etc.) e **ENTÃO/SENÃO** correspondem às alternativas de ação a serem tomadas. É importante que os jovens entendam o papel da lógica nos processos de controle automático.

### Álgebra de Boole

A álgebra booleana tem esse nome em homenagem ao matemático inglês George Boole, que foi o primeiro a defini-la como parte de um sistema de lógica, em meados

do século XIX. O sistema booleano trabalha com dois níveis de tensão: o nível baixo (representado pelo *bit* 0) e o nível alto (representado pelo *bit* 1). Pode-se entender essa lógica como os dois estados de um interruptor (aberto ou fechado), ou o estado de uma lâmpada (apagada ou acesa), também como falso ou verdadeiro, ou ainda frio e quente, não acionado e acionado, etc. Uma analogia a uma caixa-d'água é interessante, como cheia (*bit* 1) ou vazia (*bit* 0). Tecnicamente trabalha-se com os níveis de tensão de 0V (zero volt) e 5V (cinco volts), *bit* 0 e 1, respectivamente. A vantagem está no baixo consumo de energia e na possibilidade de se obterem lógicas complexas com apenas esses dois valores de entrada.



Na natureza, praticamente todos os eventos são analógicos, ou seja, compostos de inúmeros valores possíveis que se sucedem gradativamente entre si. No exemplo da caixa-d'água acima, existem obviamente infinitos níveis de enchimento possíveis entre o mínimo e o máximo, o que depende da precisão dos sensores de nível utilizados. Porém, para fins de controle, limitam-se todas essas informações a apenas duas: cheio ou vazio. É graças a essa simplificação que se pode usar a lógica digital (binária) para realizar controles.

Além da definição de dois níveis de trabalho, têm-se operações lógicas com esses níveis que complementam a álgebra booleana. As principais operações lógicas são: E, OU e NÃO.

Para que se entenda a importância dessa lógica, vale destacar que sua implementação está voltada a sistemas lógicos a fim de executarem operações para acionarem cargas que façam algum trabalho, mediante a situação de algumas variáveis de entrada.

Exemplificando:

A lógica mais simples que se pode exemplificar é de extrema importância nos processos de automação, como o acionamento de uma prensa hidráulica. Para garantir a segurança do operador, deve-se ter certeza de que as suas mãos estão longe da área de atuação da prensa. Para isso, colocam-se dois botões que só podem ser apertados usando as duas mãos. Somente se um botão **E** o outro estiverem pressionados é que a prensa irá executar o seu trabalho. Uma simples porta E poderá garantir a segurança do operador.

A seguir, as principais operações da lógica booleana:



## Operação E (AND)

Se a entrada A **E** a entrada B estiverem em nível 1, a saída S também estará em nível 1 (ligada).

Entrada		Saída
A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 3a – Exemplo simples da porta E.

Pode-se comparar a Porta E a dois interruptores em série.

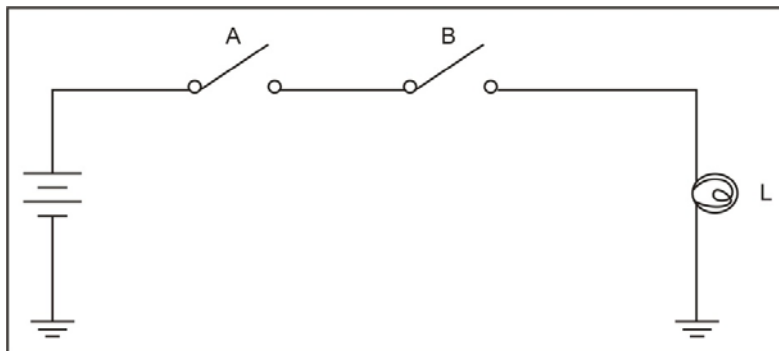
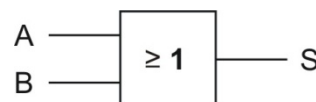


Fig. 3b – Exemplo simples da porta E.

## Operação OU (OR)

Se a entrada A **OU** entrada B estiverem em nível 1, a saída S também estará em nível 1 (ligada).

Entrada		Saída
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 4a – Exemplo simples da porta OU.

Pode-se comparar a Porta OU a dois interruptores em paralelo.

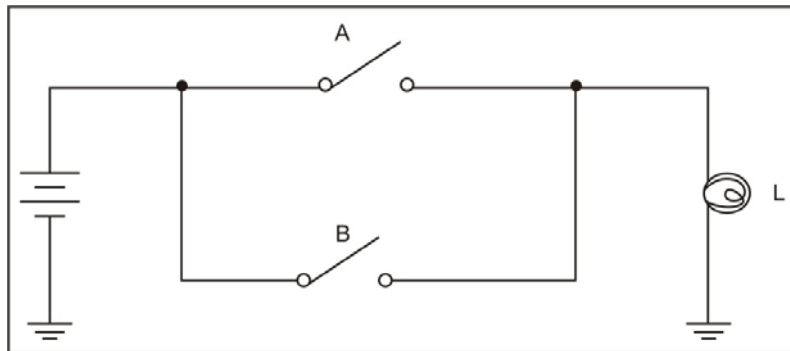
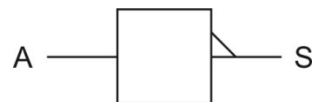


Fig. 4b – Exemplo simples da porta OU.

### Operação NÃO (NOT)

A saída S sempre apresentará **nível contrário** ao da entrada A.

Entrada	Saída
A	S
0	1
1	0



\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 5a – Exemplo simples da porta NÃO.

Pode-se comparar a Porta NÃO a um interruptor em paralelo à saída com a utilização de uma carga.

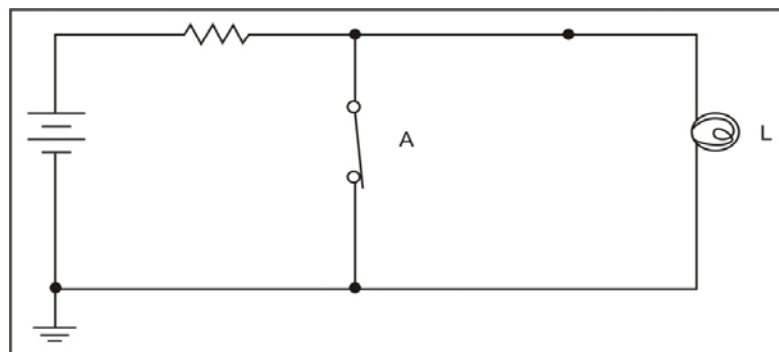


Fig. 5b – Exemplo simples da porta NÃO.

Outras operações complementares também são importantes:

## Operação NÃO E (NAND)

A saída S sempre apresentará **nível contrário** ao da **Porta E**.

Entrada		Saída
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



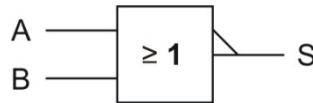
\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 6 – Exemplo da porta NÃO e (NAND).

## Operação NÃO OU (NOR)

A saída S sempre apresentará **nível contrário** ao da **Porta OU**.

Entrada		Saída
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



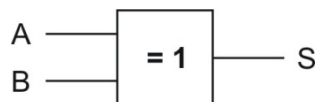
\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 7 – Exemplo da porta Não OU (NOR).

## Operação OU EXCLUSIVO (XOR)

Se a entrada A **OU** a entrada B estiverem em nível 1, a saída S também estará em nível 1 (ligada), mas não com as duas entradas em nível 1 simultaneamente.

Entrada		Saída
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



\* Simbologia utilizada no Brasil

Fig. 8 – Exemplo da porta OU Exclusivo (XOR).



Comente a aplicação de cada uma das portas individualmente. Exemplifique a porta OU EXCLUSIVO como o interruptor paralelo de uma instalação residencial. Faça com que os jovens desenhem o circuito com interruptores da porta OU EXCLUSIVO.



## Quarta Aula

Os blocos lógicos estudados na aula anterior compõem a base das decisões tomadas em circuitos de automação. Por meio da combinação destes elementos básicos podemos construir sofisticados sistemas de controle. Nessa quarta aula serão apresentadas as expressões lógicas mais importantes para a modelagem de tais sistemas, bem como a sua maneira de representação em diagramas de blocos. O jovem deve entender a vantagem de se utilizar diagramas de blocos na definição de um processo de automação, seguindo a lógica do processo.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações. Principalmente as tabelas.

## Expressões da álgebra de Boole

A operação booleana E é também escrita como uma multiplicação e se utiliza do ponto ( . ) como símbolo para definir expressões. A operação OU é descrita como a soma e utiliza o + como símbolo. A operação NÃO é a inversão do valor e é escrita com uma barra sobre o caractere de entrada ou de saída. A operação OU EXCLUSIVO utiliza o + com um círculo para escrever expressões. Exemplos:

Operação E:	$S = A \cdot B$
Operação OU:	$S = A + B$
Operação NÃO:	$S = \bar{A}$
Operação NÃO E:	$S = \overline{A \cdot B}$
Operação NÃO OU:	$S = \overline{A + B}$
Operação OU EXCLUSIVO:	$S = A \oplus B$

## Propriedades da álgebra de Boole

A partir do que foi visto anteriormente, podem-se definir algumas propriedades da álgebra booleana.

Ordem	Teoremas	Ordem	Teoremas
1	$A + 0 = A$	11	$A \cdot B + A \cdot B' = A$
2	$A + 1 = 1$	12	$(A + B) \cdot (A + B') = A$
3	$A + A = A$	13	$A + A' \cdot B = A + B$
4	$A + A' = 1$	14	$A \cdot (A' + B) = A \cdot B$
5	$A \cdot 1 = A$	15	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$
6	$A \cdot 0 = 0$	16	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
7	$A \cdot A = A$	17	$A \cdot B + A' \cdot C = (A + C) \cdot (A' + B)$
8	$A \cdot A' = 0$	18	$(A + B) \cdot (A' + C) = A \cdot C + A' \cdot B$
9	$A + A \cdot B = A$	19	$A \cdot B + A' \cdot C + B \cdot C = A \cdot B + A' \cdot C$
10	$A \cdot (A + B) = A$	20	$(A + B) \cdot (A' + C) \cdot (B + C) = (A + B) \cdot (A' + C)$

Tabela 1.

Outras propriedades matemáticas também podem ser aplicadas.

Comutativa	Distributiva	Associativa
$A \cdot B = B \cdot A$	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
$A + B = B + A$		$(A + B) + C = A + (B + C)$

Tabela 2.

**Educador**, há hoje no mercado vários tipos de simuladores para eletrônica que ajudam bastante a elucidar conceitos abstratos como os abordados nessa aula, como exemplos podem ser citados: *Eletronic WorkBench*, *PSpice*, *MultiSIM*. Alguns podem ser utilizados por 30 dias gratuitamente.

## Diagrama de blocos

Pode-se escrever a lógica de um processo por meio de expressões verbais, com o estabelecimento de regras e condições, como no exemplo da prensa: “Se o botão 1 E o botão 2 estiverem pressionados, a prensa será acionada”. Só que essa não é a forma mais comum de se descrever um processo, por isso são utilizados os diagramas de bloco com o uso das portas lógicas.

Normalmente são encontrados diagramas com a simbologia americana, por isso é necessário um comparativo entre os símbolos utilizados no Brasil e nos Estados Unidos.



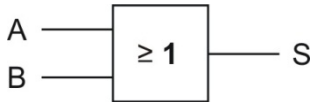

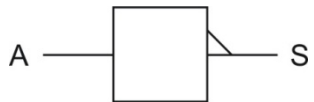
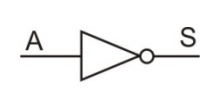


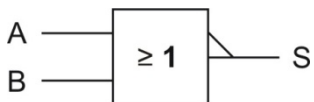

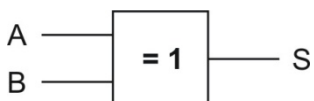

	Simbologia no Brasil	Simbologia nos Estados Unidos
Porta E		
Porta OU		
Porta NÃO		
Porta NÃO E		
Porta NÃO OU		
Porta OU EXCLUSIVO		

Tabela 3 – Comparação entre portas lógicas da simbologia brasileira e norte-americana.

Abaixo, um exemplo de um circuito lógico com a utilização de portas lógicas.

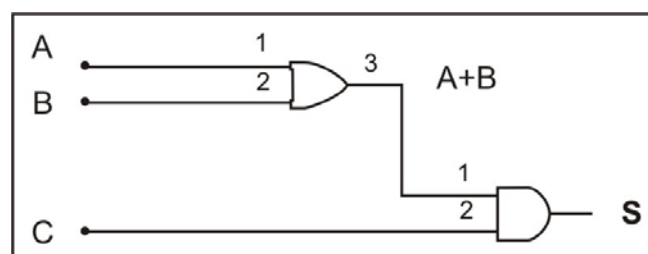


Fig. 9 – Exemplo de um circuito lógico com portas lógicas.

Pode-se escrever a expressão desse circuito da seguinte forma:  $S = (A + B) \cdot C$

Por meio desse circuito pode-se também compor a chamada tabela verdade:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>S</b>
0	0	0	<b>0</b>
0	0	1	<b>0</b>
0	1	0	<b>0</b>
0	1	1	<b>1</b>
1	0	0	<b>0</b>
1	0	1	<b>1</b>
1	1	0	<b>0</b>
1	1	1	<b>1</b>

Tabela 4 – Tabela verdade do circuito da figura 9.

A tabela verdade é utilizada para definir como o circuito processa as informações de entrada, ou também a partir dela pode-se definir o circuito lógico esperado.

**Educador**, coloque outros circuitos lógicos como exemplo e peça para os jovens comporem a tabela verdade. Você pode também fornecer algumas tabelas verdades e pedir para eles exercitarem desenhando o circuito lógico.







## Expressões da álgebra de Boole

A operação booleana E é também escrita como uma multiplicação e se utiliza do ponto ( . ) como símbolo para definir expressões. A operação OU é descrita como a soma e utiliza o + como símbolo. A operação NÃO é a inversão do valor e é escrita com uma barra sobre o caractere de entrada ou de saída. A operação OU EXCLUSIVO utiliza o  $\oplus$  com um círculo para escrever expressões. Exemplos:

Operação E:  $S = A \cdot B$

Operação OU:  $S = A + B$

Operação NÃO:  $S = \overline{A}$

Operação NÃO E:  $S = \overline{A \cdot B}$

Operação NÃO OU:  $S = \overline{A + B}$

Operação OU EXCLUSIVO:  $S = A \oplus B$

### Propriedades da álgebra de Boole

A partir do que foi visto anteriormente, podem-se definir algumas propriedades da álgebra booleana.

Ordem	Teoremas	Ordem	Teoremas
1	$A + 0 = A$	11	$A \cdot B + A \cdot B' = A$
2	$A + 1 = 1$	12	$(A + B) \cdot (A + B') = A$
3	$A + A = A$	13	$A + A' \cdot B = A + B$
4	$A + A' = 1$	14	$A \cdot (A' + B) = A \cdot B$
5	$A \cdot 1 = A$	15	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$
6	$A \cdot 0 = 0$	16	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
7	$A \cdot A = A$	17	$A \cdot B + A' \cdot C = (A + C) \cdot (A' + B)$
8	$A \cdot A' = 0$	18	$(A + B) \cdot (A' + C) = A \cdot C + A' \cdot B$
9	$A + A \cdot B = A$	19	$A \cdot B + A' \cdot C + B \cdot C = A \cdot B + A' \cdot C$
10	$A \cdot (A + B) = A$	20	$(A + B) \cdot (A' + C) \cdot (B + C) = (A + B) \cdot (A' + C)$

Tabela 1.

Outras propriedades matemáticas também podem ser aplicadas.

Comutativa	Distributiva	Associativa
$A \cdot B = B \cdot A$	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
$A + B = B + A$		$(A + B) + C = A + (B + C)$

Tabela 2.

## Diagrama de blocos

Pode-se escrever a lógica de um processo por meio de expressões verbais, com o estabelecimento de regras e condições, como no exemplo da prensa: “Se o botão 1 E o botão 2 estiverem pressionados, a prensa será acionada”. Só que essa não é a forma mais comum de se descrever um processo, por isso são utilizados os diagramas de bloco com o uso das portas lógicas.

Normalmente são encontrados diagramas com a simbologia americana, por isso é necessário um comparativo entre os símbolos utilizados no Brasil e nos Estados Unidos.


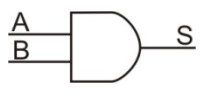
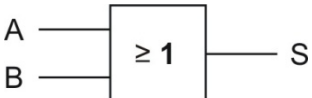
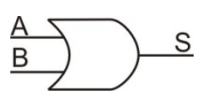
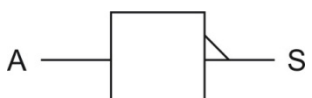
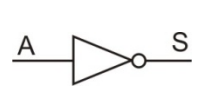
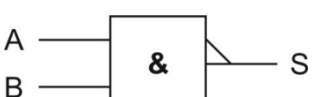

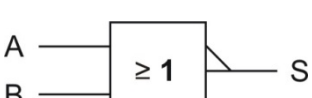

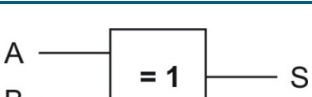

	Simbologia no Brasil	Simbologia nos Estados Unidos
Porta E		
Porta OU		
Porta NÃO		
Porta NÃO E		
Porta NÃO OU		
Porta OU EXCLUSIVO		

Tabela 3 – Comparação entre portas lógicas da simbologia brasileira e norte-americana.

Abaixo, um exemplo de um circuito lógico com a utilização de portas lógicas.

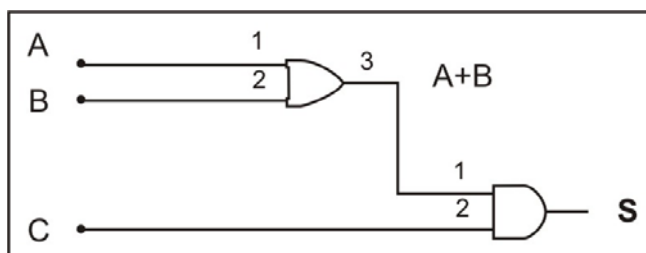


Fig. 1 – Exemplo de um circuito lógico com portas lógicas.

Pode-se escrever a expressão desse circuito da seguinte forma:  $S = (A + B) \cdot C$

Por meio desse circuito pode-se também compor a chamada tabela verdade:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>S</b>
0	0	0	<b>0</b>
0	0	1	<b>0</b>
0	1	0	<b>0</b>
0	1	1	<b>1</b>
1	0	0	<b>0</b>
1	0	1	<b>1</b>
1	1	0	<b>0</b>
1	1	1	<b>1</b>

Tabela 4 – Tabela verdade do circuito da figura 1.

A tabela verdade é utilizada para definir como o circuito processa as informações de entrada, ou também a partir dela pode-se definir o circuito lógico esperado.



## Quinta Aula



O conceito de automação como visto anteriormente é bem amplo e não se restringe ao controle automático de processos. Nessa aula serão apresentados os conceitos básicos de três ferramentas usadas para auxiliar nas etapas de desenho do produto, no planejamento e controle dos processos de produção.

Tais ferramentas, baseadas em computadores, permitem automatizar processos repetitivos de desenho, cálculos e organização de informações. Passando os dados de forma mais precisa aos sistemas industriais de produção e controle.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações. Recomende aos jovens a leitura do texto no início da aula.

### CAD – *Computer-Aided Design* (Desenho auxiliado por computador)

Os *softwares* do tipo CAD são usados hoje em dia para as mais variadas aplicações: arquitetura, mecânica, eletroeletrônica, calçados, vestuário, automobilística, aeronáutica, etc. E para cada uma dessas aplicações eles vêm com um pacote de ferramentas especializadas e adaptadas para o jargão da área.

A finalidade dos *softwares* de CAD é auxiliar o desenvolvimento de projetos gráficos, automatizando diversas tarefas de desenho por meio de ferramentas de modelagem em 2D e/ou 3D. Permitem também inserir diversas especificações de projeto diretamente no desenho, de modo a facilitar a documentação, tais como medidas, tolerâncias, tipos de material, detalhes de acabamento e de integração.

O uso de ferramentas CAD impulsionou fortemente o desenvolvimento de produtos com detalhes de *design* mais complexos e permitiu reduzir o tempo de projeto e prototipagem. Proporcionou também um alto grau de flexibilidade na redefinição e/ou personalização de produtos (característica fundamental para o mercado dinâmico dos dias atuais).



#### CAE

Computer-Aided Engineer, ou engenharia auxiliada por computador.

Comercialmente, um dos *softwares* mais conhecidos dessa categoria é o *AutoCAD*, da empresa americana *AutoDesk*, bastante usado para projetos mecânicos e de arquitetura. Mas há diversas outras ferramentas com recursos mais complexos e especializados, tais como: *MicroStation*, *Catia*, *SolidWorks*, *Pro-Engineer*, etc.

Em conjunto com outras ferramentas de auxílio como o **CAE** (*Computer Aided Engineer*) e o **CAM** (*Computer Aided Manufacturing*) é possível automatizar todas as etapas principais de concepção, simulação e testes antes mesmo de se construir o primeiro protótipo. Com o emprego de ferramentas do tipo CAE, por exemplo, é possível usar diversos modelos matemáticos para simular testes de resistência mecânica, fadiga de material, pontos de maior esforço, interação entre partes, dentre outros. Uma vez atendidos os requisitos de projeto, é possível gerar as informações necessárias para controlar todas as etapas da produção, seleção de ferramentas e procedimentos de usinagem, empregando-se para isso os recursos do CAM.



**Educador**, no site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre o tema. Você pode escolher alguns para exemplificar cada aplicação, caso não haja a possibilidade de demonstrar a ferramenta real.

<http://www.youtube.com/watch?v=Oq1eD7CzrvM> - Exemplo usando AutoCAD

<http://www.youtube.com/watch?v=aYYYvb6Xrk0> - Exemplo usando CAD *SolidWorks*

<http://www.youtube.com/watch?v=Z4W-doPpuAA> - Exemplo usando CAM

A figura a seguir ilustra o projeto de uma peça mecânica usando um *software* de CAD:

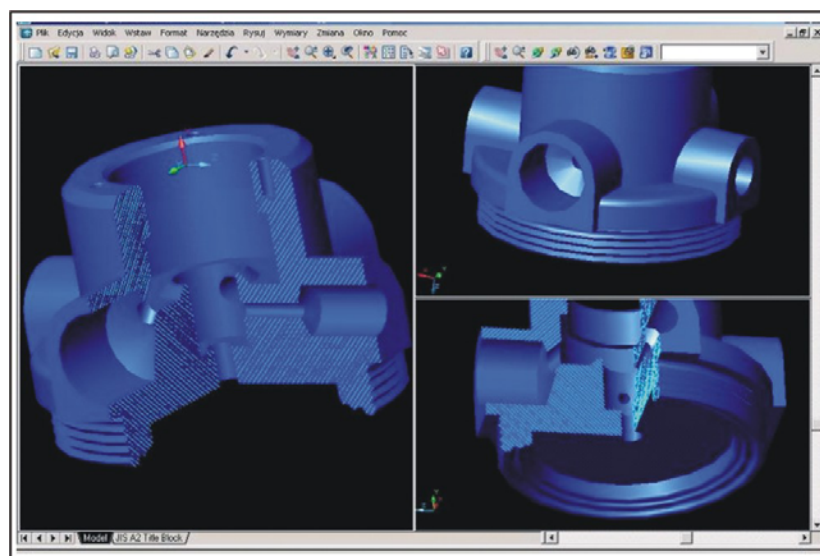


Fig. 10 – Peça sendo modelada com CAD.

## CAM – Computer-Aided Manufacturing (Manufatura auxiliada por computador)

Uma vez que as especificações de um dado produto tenham sido criadas com o uso de uma ferramenta de CAD e testadas ou simuladas numa ferramenta do tipo CAE, entra em ação a ferramenta CAM que auxilia a definição de detalhes operacionais, etapas de produção e seleção de ferramentas.

Com base nos modelos matemáticos fornecidos pelas ferramentas de CAD, um *software* do tipo CAM pode gerar os passos necessários para a confecção das partes do produto final, bem como a trajetória de ferramentas e o momento adequado de se utilizá-las. Ela permite, também, selecionar as melhores técnicas e recursos para cada operação específica e gerar uma sequência de comandos que podem ser descarregados em máquinas computadorizadas (CNC, Robôs, **CMMs**) para controlar os procedimentos de fabricação e movimentos da máquina.

A integração entre *softwares* de CAD e de CAM de fabricantes diferentes é uma das questões mais complicadas a se analisar na hora de escolher tais ferramentas, principalmente porque não existe um consenso ou padrão de formato de arquivo que seja adotado por todos os fabricantes. Para que haja total integração e eficiência na troca de dados entre os dois sistemas, é necessário que os dados matemáticos oriundos da modelagem geométrica do CAD sejam entregues ao CAM num formato de fácil interpretação. É por essa razão que a maioria das ferramentas encontradas comercialmente já traz os dois *softwares* em um pacote só.

Por outro lado, a saída de um *software* de CAM é normalmente um arquivo de texto com comandos básicos de movimentação que são usados pelo controlador de um robô ou de uma máquina CNC. Essa lista de comandos, que pode ser composta por até milhares de linhas de acordo com a complexidade do projeto, é passada por um outro tipo de *software* pós-processador que elimina redundâncias e otimiza o código de acordo com rotinas específicas da máquina onde vai ser executado.

Os *softwares* pós-processadores podem ser fornecidos pelos próprios fabricantes das máquinas e robôs, ou desenvolvidos com o uso de ferramentas de programação específicas para esse fim. A principal vantagem de tais pós-processadores é a otimização e a simplificação do código gerado, pois permitem substituir longas sequências de movimentos simples por rotinas especializadas e mais eficientes.



### CMM

Coordinate Measuring Machine, ou máquina de medição por coordenadas.

Outra vantagem importante que os *softwares* de CAM proporcionam é a possibilidade de se escolherem as ferramentas mais apropriadas para cada etapa do processo, a sequência em que serão usadas e em que momento elas devem ser substituídas. Tal tipo de conhecimento é altamente especializado, e na grande maioria dos casos depende de intervenção humana. No entanto, atualmente já é possível se encontrarem *softwares* com princípios de IA (Inteligência Artificial) incorporados que auxiliam fortemente essa tarefa.

Alguns exemplos de *softwares* CAM encontrados comercialmente são: *MasterCAM*, *EdgeCAM*, *EzCAM*, *GibbsCAM*, etc.

Os *softwares* de CAM auxiliam o controle da produção, permitindo a integração entre o departamento de engenharia e as máquinas do chão de fábrica. No entanto, para procedimentos mais abrangentes no que concerne à manufatura como um todo, atividades de planejamento e controle de processos, existem ferramentas mais especializadas para esse fim, como é o caso do **CAPP** (*Computer Aided Process Planning*) que será analisado no tópico a seguir.

A figura abaixo exemplifica o uso de um *software* de CAM para planejar as etapas de usinagem de uma peça:



#### CAPP

Computer-Aided Process Planning, ou planejamento de processos auxiliado por computador.

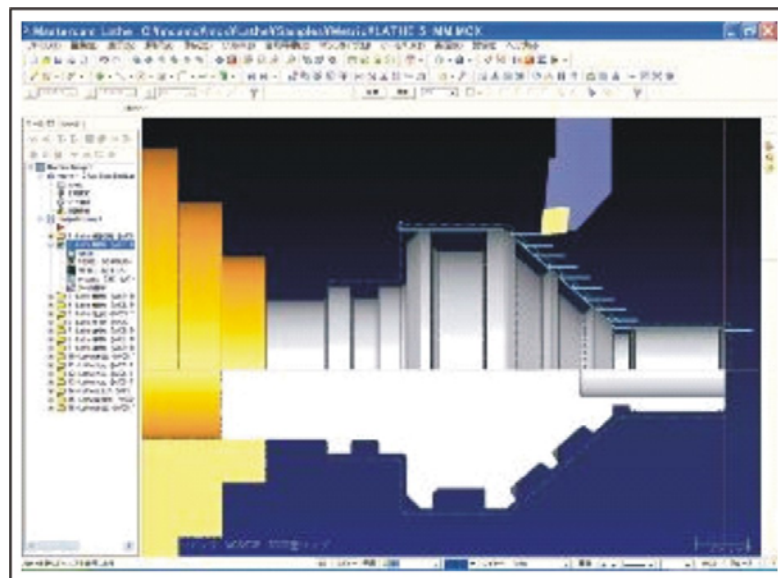


Fig. 11 – Gerando as etapas de usinagem com CAM.



## CAPP – *Computer-Aided Process Planning* (Planejamento de Processos auxiliado por computador)

O planejamento de processos de produção é uma das tarefas mais importantes no fluxo geral de fabricação de um dado produto, pois implica a especificação do passo a passo de todas as etapas, máquinas, itens e procedimentos necessários para a sua execução. O plano elaborado para um determinado processo normalmente descreverá cada operação, equipamento e/ou ferramenta que deverão ser usados nas etapas de fabricação, desde a entrada da matéria-prima até a entrega do produto final, passando pela especificação do projeto e a escolha de recursos de produção.

Um plano de processo pode ser estruturado em pelo menos dois níveis distintos: o plano geral e o plano detalhado:

- O plano geral envolve as tarefas macro de fabricação e é onde se define o fluxo geral de produção, movimentação de materiais, recursos necessários, tamanho de lotes, prioridades, máquinas envolvidas e **Schedule** de produção. Nesse nível ocorre a integração com outras ferramentas como **MRP** e **CIM**.
- O plano detalhado envolve as minúcias de cada procedimento fabril que deverá ser executado no chão de fábrica tais como: sequências de montagem, tipo de ferramental, códigos-fonte para máquinas CNC, esquemáticos, etc. É nesse nível que ocorre a vinculação com os sistemas de CAM e **FMS**.

Dependendo da complexidade do produto em questão e dos recursos envolvidos, a elaboração do plano de produção pode tornar-se altamente dispendiosa e suscetível a inconsistências, sobretudo porque cada projetista envolvido pode ter modos distintos de modelar o processo. Foi em função disso que surgiram as ferramentas de auxílio ao planejamento baseadas em computador, as ferramentas CAPP.

Na metodologia convencional, o desenvolvimento de um plano de processo tem início, geralmente, a partir do desenho do produto. Com base nas informações e especificações do projeto, o responsável pelo planejamento procura sequenciar, primeiramente, as operações globais. Em uma fase posterior, tais operações são detalhadas de acordo com as características da empresa. Tal processo, até algum tempo atrás, era documentado de forma manuscrita e posteriormente passado a digitadores que introduziam as informações em sistemas **PCP** (Planejamento e Controle de Produção).



### **Schedule – Agenda**

Define a sequência cronológica de execução das atividades de produção.

### **MRP**

*Material Requirements Planning*, ou planejamento de necessidades de material.

### **CIM**

*Computer-Integrated Manufacturing*, ou manufatura integrada por computador.

### **FMS**

*Flexible Manufacturing System*, ou sistemas flexíveis de manufatura.

### **PCP**

Planejamento e Controle de Produção.

Tal modo de planejamento possui uma baixa produtividade, pois a maior parte do tempo é despendida com a redação do plano e posterior introdução dos dados no sistema. No entanto, várias empresas de manufatura continuam a empregar essa metodologia.

Muitos dos problemas que surgem no método convencional de planejamento de processos podem ser resolvidos pelo uso do computador, pois as informações geradas pelas ferramentas CAPP são mais padronizadas, o que elimina a inconsistência que pode surgir em planos elaborados por projetistas diferentes. A qualidade da documentação enviada à planta de produção também se eleva, garantindo um melhor controle do processo.

O uso de ferramentas CAPP proporciona um grande número de vantagens sobre o método convencional de planejamento de processos:

- Podem-se adicionar outros tipos de informações aos planos de processos, tais como: fotos, desenhos, gráficos, esquemáticos, instruções detalhadas do processo, listas de componentes e ferramentas usadas. Isso aumenta a qualidade do plano de processos.
- Permite a criação de uma base de dados de processos unificada que pode ser consultada por outros setores e ferramentas. Além de que os dados se tornam mais confiáveis por estarem automatizados com fórmulas de cálculos bem conhecidas.
- Garante a padronização da documentação de processos da fábrica, bem como da terminologia empregada.
- Aumento da produtividade do planejamento de processos, permitindo a redução do tempo de planejamento.
- A revisão de etapas do processo fica grandemente facilitada e mais rápida. Ainda é possível se manter um histórico das revisões armazenado em uma base de dados, o que permite o acompanhamento de todas as modificações.
- Permite uma forte redução de papel impresso, aumentando a agilidade na elaboração e alteração de uma especificação de projeto, diminuição de refugos, diminuição do custo com ferramentas, diminuição de *lead-time* e criação de padrões de engenharia.



Peça aos jovens que tentem planejar a sequência de fabricação de, por exemplo, uma caneta esferográfica para compreenderem a complexidade de todas as etapas envolvidas.



## CAD – *Computer-Aided Design* (Desenho auxiliado por computador)

Os *softwares* do tipo CAD são usados hoje em dia para as mais variadas aplicações: arquitetura, mecânica, eletroeletrônica, calçados, vestuário, automobilística, aeronáutica, etc. E para cada uma dessas aplicações eles vêm com um pacote de ferramentas especializadas e adaptadas para o jargão da área.

A finalidade dos *softwares* de CAD é auxiliar o desenvolvimento de projetos gráficos, automatizando diversas tarefas de desenho por meio de ferramentas de modelagem em 2D e/ou 3D. Permitem também inserir diversas especificações de projeto diretamente no desenho, de modo a facilitar a documentação, tais como medidas, tolerâncias, tipos de material, detalhes de acabamento e de integração.

O uso de ferramentas CAD impulsionou fortemente o desenvolvimento de produtos com detalhes de design mais complexos e permitiu reduzir o tempo de projeto e prototipagem. Proporcionou também um alto grau de flexibilidade na redefinição e/ou personalização de produtos (característica fundamental para o mercado dinâmico dos dias atuais).

Comercialmente, um dos *softwares* mais conhecidos dessa categoria é o *AutoCAD*, da empresa americana *AutoDesk*, bastante usado para projetos mecânicos e de arquitetura. Mas há diversas outras ferramentas com recursos mais complexos e especializados, tais como: *MicroStation*, *Catia*, *SolidWorks*, *Pro-Engineer*, etc.

Em conjunto com outras ferramentas de auxílio como o CAE (*Computer Aided Engineer*) e o CAM (*Computer Aided Manufacturing*) é possível automatizar todas as etapas principais de concepção, simulação e testes antes mesmo de se construir o primeiro protótipo. Com o emprego de ferramentas do tipo CAE, por exemplo, é possível usar diversos modelos matemáticos para simular testes de resistência mecânica, fadiga de material, pontos de maior esforço, interação entre partes, dentre outros. Uma vez atendidos os requisitos de projeto, é possível gerar as informações necessárias para controlar todas as etapas da produção, seleção de ferramentas e procedimentos de usinagem, empregando-se para isso os recursos do CAM.

A figura a seguir ilustra o projeto de uma peça mecânica usando um *software* de CAD:

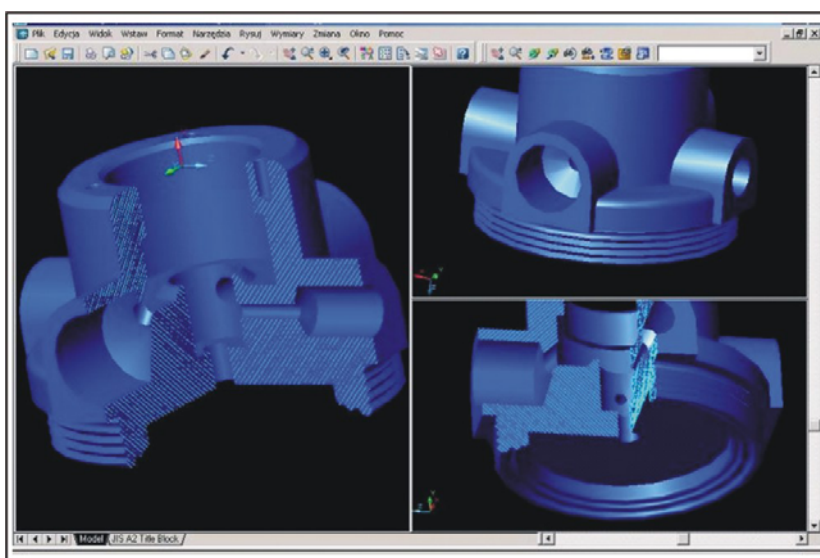


Fig. 1 – Peça sendo modelada com CAD.

## CAM – *Computer-Aided Manufacturing* (Manufatura auxiliada por computador)

Uma vez que as especificações de um dado produto tenham sido criadas com o uso de uma ferramenta de CAD e testadas ou simuladas numa ferramenta do tipo CAE, entra em ação a ferramenta CAM que auxilia a definição de detalhes operacionais, etapas de produção e seleção de ferramentas.

Com base nos modelos matemáticos fornecidos pelas ferramentas de CAD, um *software* do tipo CAM pode gerar os passos necessários para a confecção das partes do produto final, bem como a trajetória de ferramentas e o momento adequado de se utilizá-las. Ela permite, também, selecionar as melhores técnicas e recursos para cada operação específica e gerar uma sequência de comandos que podem ser descarregados em máquinas computadorizadas (CNC, Robôs, CMMs) para controlar os procedimentos de fabricação e movimentos da máquina.

A integração entre *softwares* de CAD e de CAM de fabricantes diferentes é uma das questões mais complicadas a se analisar na hora de escolher tais ferramentas, principalmente porque não existe um consenso ou padrão de formato de arquivo que seja adotado por todos os fabricantes. Para que haja total integração e eficiência na troca de dados entre os dois sistemas, é necessário que os dados matemáticos oriundos da modelagem geométrica do CAD sejam entregues ao CAM num formato de fácil interpretação. É por essa razão que a maioria das ferramentas encontradas comercialmente já traz os dois *softwares* em um pacote só.

Por outro lado, a saída de um *software* de CAM é normalmente um arquivo de texto com comandos básicos de movimentação que são usados pelo controlador de um robô ou de uma máquina CNC. Essa lista de comandos, que pode ser composta por até milhares de linhas de acordo com a complexidade do projeto, é passada por um outro tipo de *software* pós-processador que elimina redundâncias e otimiza o código de acordo com rotinas específicas da máquina onde vai ser executado.

Os *softwares* pós-processadores podem ser fornecidos pelos próprios fabricantes das máquinas e robôs, ou desenvolvidos com o uso de ferramentas de programação específicas para esse fim. A principal vantagem de tais pós-processadores é a otimização e a simplificação do código gerado, pois permitem substituir longas sequências de movimentos simples por rotinas especializadas e mais eficientes.

Outra vantagem importante que os *softwares* de CAM proporcionam é a possibilidade de se escolherem as ferramentas mais apropriadas para cada etapa do processo, a sequência em que serão usadas e em que momento elas devem ser substituídas. Tal tipo de conhecimento é altamente especializado, e na grande maioria dos casos depende de intervenção humana. No entanto, atualmente já é possível se encontrarem *softwares* com princípios de IA (Inteligência Artificial) incorporados que auxiliam fortemente essa tarefa.

Alguns exemplos de *softwares* CAM encontrados comercialmente são: *MasterCAM*, *EdgeCAM*, *EzCAM*, *GibbsCAM*, etc.

Os *softwares* de CAM auxiliam o controle da produção, permitindo a integração entre o departamento de engenharia e as máquinas do chão de fábrica. No entanto, para procedimentos mais abrangentes no que concerne à manufatura como um todo, atividades de planejamento e controle de processos, existem ferramentas mais especializadas para esse fim, como é o caso do CAPP (*Computer Aided Process Planning*) que será analisado no tópico a seguir.

A figura a seguir exemplifica o uso de um *software* de CAM para planejar as etapas de usinagem de uma peça:

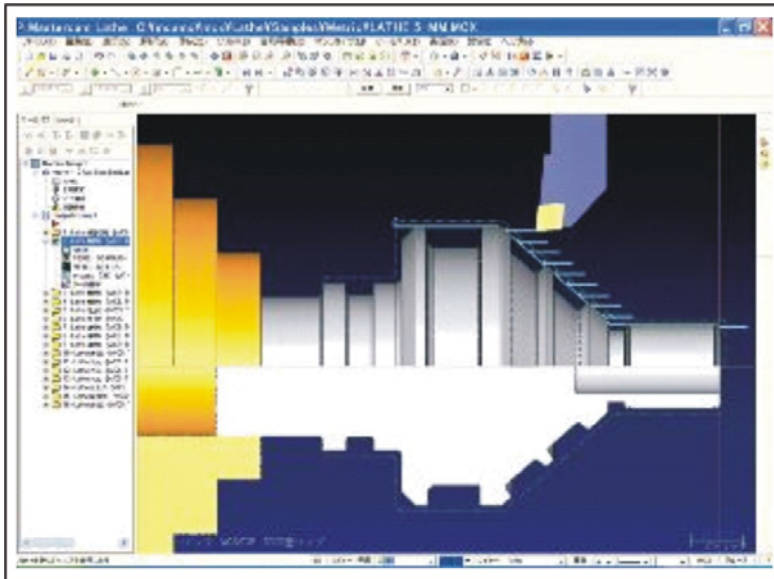


Fig. 2 – Gerando as etapas de usinagem com CAM.

## CAPP – *Computer-Aided Process Planning* (Planejamento de Processos auxiliado por computador)

O planejamento de processos de produção é uma das tarefas mais importantes no fluxo geral de fabricação de um dado produto, pois implica a especificação do passo a passo de todas as etapas, máquinas, itens e procedimentos necessários para a sua execução. O plano elaborado para um determinado processo normalmente descreverá cada operação, equipamento e/ou ferramenta que deverão ser usados nas etapas de fabricação, desde a entrada da matéria-prima até a entrega do produto final, passando pela especificação do projeto e a escolha de recursos de produção.

Um plano de processo pode ser estruturado em pelo menos dois níveis distintos: o plano geral e o plano detalhado:

- O plano geral envolve as tarefas macro de fabricação e é onde se define o fluxo geral de produção, movimentação de materiais, recursos necessários, tamanho de lotes, prioridades, máquinas envolvidas e *Schedule* de produção. Nesse nível ocorre a integração com outras ferramentas como MRP e CIM.
- O plano detalhado envolve as minúcias de cada procedimento fabril que deverá ser executado no chão de fábrica tais como: sequências de montagem, tipo de ferramental, códigos-fonte para máquinas CNC, esquemáticos, etc. É nesse nível que ocorre a vinculação com os sistemas de CAM e FMS.

Dependendo da complexidade do produto em questão e dos recursos envolvidos, a elaboração do plano de produção pode tornar-se altamente dispendiosa e suscetível a inconsistências, sobretudo porque cada projetista envolvido pode ter modos distintos de modelar o processo. Foi em função disso que surgiram as ferramentas de auxílio ao planejamento baseadas em computador, as ferramentas CAPP.

Na metodologia convencional, o desenvolvimento de um plano de processo tem início, geralmente, a partir do desenho do produto. Com base nas informações e especificações do projeto, o responsável pelo planejamento procura sequenciar, primeiramente, as operações globais. Em uma fase posterior, tais operações são detalhadas de acordo com as características da empresa. Tal processo, até algum tempo atrás, era documentado de forma manuscrita e posteriormente passado a digitadores

que introduziam as informações em sistemas PCP (Planejamento e Controle de Produção).

Tal modo de planejamento possui uma baixa produtividade, pois a maior parte do tempo é despendida com a redação do plano e posterior introdução dos dados no sistema. No entanto, várias empresas de manufatura continuam a empregar essa metodologia.

Muitos dos problemas que surgem no método convencional de planejamento de processos podem ser resolvidos pelo uso do computador, pois as informações geradas pelas ferramentas CAPP são mais padronizadas, o que elimina a inconsistência que pode surgir em planos elaborados por projetistas diferentes. A qualidade da documentação enviada à planta de produção também se eleva, garantindo um melhor controle do processo.

O uso de ferramentas CAPP proporciona um grande número de vantagens sobre o método convencional de planejamento de processos:

- Podem-se adicionar outros tipos de informações aos planos de processos, tais como: fotos, desenhos, gráficos, esquemáticos, instruções detalhadas do processo, listas de componentes e ferramentas usadas. Isso aumenta a qualidade do plano de processos.
- Permite a criação de uma base de dados de processos unificada que pode ser consultada por outros setores e ferramentas. Além de que os dados se tornam mais confiáveis por estarem automatizados com fórmulas de cálculos bem conhecidas.
- Garante a padronização da documentação de processos da fábrica, bem como da terminologia empregada.
- Aumento da produtividade do planejamento de processos, permitindo a redução do tempo de planejamento.
- A revisão de etapas do processo fica grandemente facilitada e mais rápida. Ainda é possível se manter um histórico das revisões armazenado em uma base de dados, o que permite o acompanhamento de todas as modificações.
- Permite uma forte redução de papel impresso, aumentando a agilidade na elaboração e alteração de uma especificação de projeto, diminuição de refugos, diminuição do custo com ferramentas, diminuição de *lead-time* e criação de padrões de engenharia.

## Sexta Aula



Uma das grandes potencialidades fornecidas pela automação foi a possibilidade de integração de sistemas para a obtenção de processos complexos.

Nessa aula serão estudados, os conceitos relativos às principais tecnologias de automação da produção, ressaltando a importância e as vantagens da integração entre os diversos processos envolvidos na fabricação e rastreabilidade de um produto. O objetivo é que o jovem perceba que as várias tecnologias têm seu potencial multiplicado quando são usadas em conjunto com outras.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações. Recomende aos jovens a leitura do texto no início da aula.

### CIM – *Computer Integrated Manufacturing* (Manufatura Integrada por Computador)

A manufatura totalmente integrada por computador (característica fundamental da chamada fábrica do futuro) consiste no mais alto grau de automação que uma empresa possa chegar e abrange todas as atividades e setores envolvidos na concepção/projeto, fabricação e venda de um produto. Isto significa que, desde a compra da matéria-prima até o empacotamento e entrega ao cliente, o produto passará por diversas etapas em que as ações realizadas sobre ele serão comandadas e supervisionadas por algum tipo de sistema automatizado.



Sugestão de vídeos interessantes sobre este tema:

[http://www.youtube.com/watch?v=8LOWDJ\\_9t9A](http://www.youtube.com/watch?v=8LOWDJ_9t9A)

<http://www.youtube.com/watch?v=c7CRZZInmKo>

**Educador**, a finalidade dos vídeos é meramente ilustrativa e com sua experiência, é possível descrever o que está acontecendo não sendo necessário o uso do áudio em inglês. Portanto, fique tranquilo caso não seja possível a reprodução do vídeo em sua escola.

Toma-se como exemplo uma fábrica de eletrodomésticos: ao projetar um novo produto – um ventilador, por exemplo – o projetista definirá uma série de características que vão desde informações mecânicas e parâmetros construtivos até detalhes de funcionamento, passando por características e dimensões físicas das partes e subpartes que compõem o ventilador. Tais informações serão compartilhadas por uma série de setores dentro da empresa (centro de documentação, planejamento de processos, o chão de fábrica onde o ventilador será produzido, compras, *marketing*/vendas, suporte técnico, etc.) de forma a dar continuidade ao ciclo de vida do produto.

Em uma fábrica não automatizada todas essas informações circulam entre os setores em forma de papel, o que acarreta um tempo de “gestação” bastante elevado para o produto. Esse processo, além de ser burocratizado e suscetível a erros, torna o planejamento estratégico bastante difícil, uma vez que a empresa terá dificuldades em se adaptar rapidamente às mudanças de mercado, devido à demora na obtenção e análise dos dados.

Com o emprego da tecnologia dos sistemas CIM (*Computer-Integrated Manufacturing*), toda a informação disponível sobre um produto fica organizada e armazenada numa base de dados comum e estruturada de tal forma que, de qualquer setor da empresa seja possível acessá-la no menor tempo possível e com taxa zero (0%) de distorção. Em outras palavras, o fluxo de informações torna-se tão rápido e organizado que o tempo necessário para a empresa se adaptar a uma nova condição de mercado fica imensamente reduzido. Isso traz implicações diretas sobre a qualidade, custo e competitividade dos produtos.

Tal tecnologia baseia-se no uso de computadores ligados em rede, formando um sistema integrado de gerenciamento e controle de informações que abrange desde o chão de fábrica até os departamentos administrativos e de apoio. Cada setor da empresa possui um ou mais terminais de computador e programas (*softwares*) específicos para realizar seus trabalhos.

Dessa forma, toda a informação produzida por tais setores fica armazenada no sistema e pode ser acessada sem a necessidade de circulação de papel, por exemplo: um gerente, a partir de um terminal em seu escritório,



pode ter acesso imediato a dados da produção e rastrear um produto específico ou mesmo um lote inteiro sem precisar sair de sua cadeira. Um administrador, da mesma maneira, pode acessar informações relativas às vendas, ao comportamento de mercado, aos estoques, etc., e de posse dessas informações traçar um plano de mercado mais eficiente.

A tecnologia CIM não é um *software* de prateleira, ou seja, não se encontra um *software* de CIM para se comprar como um editor de texto, por exemplo. CIM é a combinação organizada de diversas técnicas e tecnologias para se obter a integração total de todos os processos envolvidos na criação e fabricação de um produto.

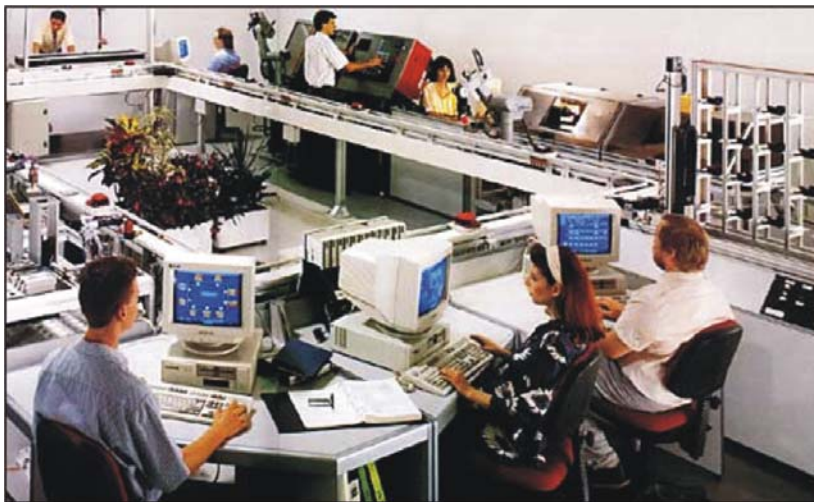


Fig. 12 – Profissionais em atividade em um CIM.

## FMS – *Flexible Manufacturing Systems* (Sistemas Flexíveis de Manufatura)

Os sistemas de manufatura flexível são conjuntos de máquinas integradas física e logicamente que, controladas por um computador central, realizam todas as tarefas relacionadas a um determinado processo produtivo com o mínimo de intervenção humana.

Correspondem, por isso, ao topo da automação do chão de fábrica e são projetados para trabalhar em famílias de peças com características variadas e em qualquer quantidade e ordem, diferentemente das **linhas transfer** que operam somente em grandes lotes de peças com pouquíssima ou nenhuma variação nas suas características.

Uma célula FMS é normalmente composta por uma ou mais máquinas computadorizadas CNC que são atendidas (alimentadas) por um robô que coloca e retira peças da máquina. Um sistema de transporte, que pode ser baseado em uma esteira ou em um robô móvel (**AGV** – *Automated Guided Vehicle*), leva as peças e matérias



### **Linhas Transfer**

Linhas de produção projetadas para fabricação em massa de um mesmo tipo de produto ou de produtos com mínimas variações em sua especificação.

### **AGV**

*Automated Guided Vehicle*, ou veículo autoguiado.

até a célula e as retira quando estão prontas levando-as para a célula seguinte.



Sugestão de vídeos sobre sistemas de transporte:

Transfer-line: [http://www.youtube.com/watch?v=VXuO\\_kflpFA](http://www.youtube.com/watch?v=VXuO_kflpFA)

AGV: <http://www.youtube.com/watch?v=jXodd32NrJQ>

**Educador**, a finalidade dos vídeos é meramente ilustrativa e com sua experiência, é possível descrever o que está acontecendo não sendo necessário o uso do áudio em inglês. Portanto, fique tranquilo caso não seja possível a reprodução do vídeo em sua escola.

Um sistema de computador controla, coordena e sincroniza máquinas e robô de modo a evitar impactos e garantir a correta sequência de eventos. Tal sistema pode receber, via rede de computadores, um código de usinagem previamente criado por um sistema CAM e distribuir tarefas entre as máquinas de modo a otimizar a sua utilização e reduzir o tempo ocioso.

A interconexão (intertravamento) entre máquinas, robô e sistema de transporte ocorre por meio da interconexão física e lógica dos elementos:

- A interconexão física é obtida por meio de entradas e saídas digitais e canais de comunicação serial.
- A interconexão lógica é baseada em **protocolos de comunicação** que sejam compatíveis para ambos os equipamentos, mas devido à variedade de fabricantes, em alguns casos pode ser necessário um *software* intermediário de adequação (**device driver**).

Há FMSs para os mais variados fins e eles podem ser integrados ao resto da empresa por meio de redes de comunicação de dados, de modo a constituir os chamados sistemas de manufatura integrada por computador.

Segundo uma pesquisa do educador John Bessant (*University of Brighton*, 1991), as principais vantagens de um FMS são:

- redução do *lead time* e do tempo de travessia (porta a porta da fábrica);
- economia de estoque (sobretudo de material em processo);
- otimização da utilização dos recursos;
- redução dos tempos de preparação;
- número de máquinas e operações reduzidas;



#### **Protocolo de comunicação**

Descrição formal de um conjunto de regras e convenções que determinam como deve ocorrer a comunicação entre dois ou mais dispositivos. Elas determinam o formato, a temporização, a sequência e o controle de erros na comunicação de dados.

#### **Device driver ou driver de dispositivo**

Corresponde a um tipo especial de programa capaz de conversar com um dispositivo de *hardware* e traduzir as informações para o sistema operacional ou vice-versa.

- aumento da qualidade;
- economia de espaço;
- dependência de subcontratados reduzida;
- economia no uso de mão-de-obra especializada;
- ciclos de inovação da produção mais rápidos.

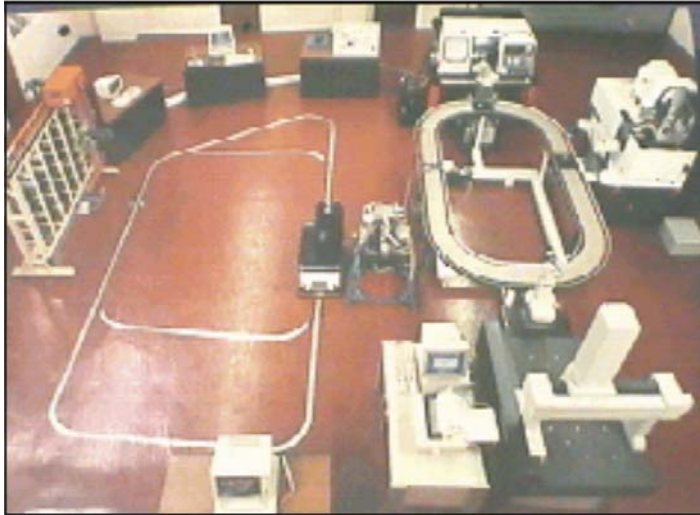


Fig. 13 – Exemplo de FMS com AGV e esteira.





## CIM – *Computer Integrated Manufacturing* (Manufatura Integrada por Computador)

A manufatura totalmente integrada por computador (característica fundamental da chamada fábrica do futuro) consiste no mais alto grau de automação que uma empresa possa chegar e abrange todas as atividades e setores envolvidos na concepção/projeto, fabricação e venda de um produto. Isto significa que, desde a compra da matéria-prima até o empacotamento e entrega ao cliente, o produto passará por diversas etapas em que as ações realizadas sobre ele serão comandadas e supervisionadas por algum tipo de sistema automatizado.

Toma-se como exemplo uma fábrica de eletrodomésticos: ao projetar um novo produto – um ventilador, por exemplo – o projetista definirá uma série de características que vão desde informações mecânicas e parâmetros construtivos até detalhes de funcionamento, passando por características e dimensões físicas das partes e subpartes que compõem o ventilador. Tais informações serão compartilhadas por uma série de setores dentro da empresa (centro de documentação, planejamento de processos, o chão de fábrica onde o ventilador será produzido, compras, *marketing*/vendas, suporte técnico, etc.) de forma a dar continuidade ao ciclo de vida do produto.

Em uma fábrica não automatizada todas essas informações circulam entre os setores em forma de papel, o que acarreta um tempo de “gestação” bastante elevado para o produto. Esse processo, além de ser burocratizado e suscetível a erros, torna o planejamento estratégico bastante difícil, uma vez que a empresa terá dificuldades em se adaptar rapidamente às mudanças de mercado, devido à demora na obtenção e análise dos dados.

Com o emprego da tecnologia dos sistemas CIM (*Computer-Integrated Manufacturing*), toda a informação disponível sobre um produto fica organizada e armazenada numa base de dados comum e estruturada de tal forma que, de qualquer setor da empresa seja possível acessá-la no menor tempo possível e com taxa zero (0%) de distorção. Em outras palavras, o fluxo de informações torna-se tão rápido e organizado que o tempo necessário para a empresa se adaptar a uma nova condição de mercado fica imensamente reduzido. Isso traz implicações diretas sobre a qualidade, custo e competitividade dos produtos.

Tal tecnologia baseia-se no uso de computadores ligados em rede, formando um sistema integrado de gerenciamento e controle de informações que abrange desde o chão de fábrica até os departamentos administrativos e de apoio. Cada setor da empresa possui um ou mais terminais de computador e programas (*softwares*) específicos para realizar seus trabalhos.

Dessa forma, toda a informação produzida por tais setores fica armazenada no sistema e pode ser acessada sem a necessidade de circulação de papel, por exemplo: um gerente, a partir de um terminal em seu escritório, pode ter acesso imediato a dados da produção e rastrear um produto específico ou mesmo um lote inteiro sem precisar sair de sua cadeira. Um administrador, da mesma maneira, pode acessar informações relativas às vendas, ao comportamento de mercado, aos estoques, etc., e de posse dessas informações traçar um plano de mercado mais eficiente.

A tecnologia CIM não é um *software* de prateleira, ou seja, não se encontra um *software* de CIM para se comprar como um editor de texto, por exemplo. CIM é a combinação organizada de diversas técnicas e tecnologias para se obter a integração total de todos os processos envolvidos na criação e fabricação de um produto.



Fig. 1 – Profissionais em atividade em um CIM.

## FMS – *Flexible Manufacturing Systems* (Sistemas Flexíveis de Manufatura)

Os sistemas de manufatura flexível são conjuntos de máquinas integradas física e logicamente que, controladas por um computador central, realizam todas as tarefas relacionadas a um determinado processo produtivo com o mínimo de intervenção humana.

Correspondem, por isso, ao topo da automação do chão de fábrica e são projetados para trabalhar em famílias de peças com características variadas e em qualquer quantidade e ordem, diferentemente das linhas *transfer* que operam somente em grandes lotes de peças com pouquíssima ou nenhuma variação nas suas características.

Uma célula FMS é normalmente composta por uma ou mais máquinas computadorizadas CNC que são atendidas (alimentadas) por um robô que coloca e retira peças da máquina. Um sistema de transporte, que pode ser baseado em uma esteira ou em um robô móvel (AGV - *Automated Guided Vehicle*), leva as peças e matérias até a célula e as retira quando estão prontas levando-as para a célula seguinte.

Um sistema de computador controla, coordena e sincroniza máquinas e robô de modo a evitar impactos e garantir a correta sequência de eventos. Tal sistema pode receber, via rede de computadores, um código de usinagem previamente criado por um sistema CAM e distribuir tarefas entre as máquinas de modo a otimizar a sua utilização e reduzir o tempo ocioso.

A interconexão (intertravamento) entre máquinas, robô e sistema de transporte ocorre por meio da interconexão física e lógica dos elementos:

- A interconexão física é obtida por meio de entradas e saídas digitais e canais de comunicação serial.
- A interconexão lógica é baseada em protocolos de comunicação que sejam compatíveis para ambos os equipamentos, mas devido à variedade de fabricantes, em alguns casos pode ser necessário um *software* intermediário de adequação (*device driver*).

Há FMSs para os mais variados fins e eles podem ser integrados ao resto da empresa por meio de redes de comunicação de dados, de modo a constituir os chamados sistemas de manufatura integrada por computador.

Segundo uma pesquisa do educador John Bessant (*University of Brighton*, 1991), as principais vantagens de um FMS são:

- redução do *lead time* e do tempo de travessia (porta a porta da fábrica);
- economia de estoque (sobretudo de material em processo);
- otimização da utilização dos recursos;
- redução dos tempos de preparação;
- número de máquinas e operações reduzidas;
- aumento da qualidade;
- economia de espaço;
- dependência de subcontratados reduzida;
- economia no uso de mão-de-obra especializada;
- ciclos de inovação da produção mais rápidos.

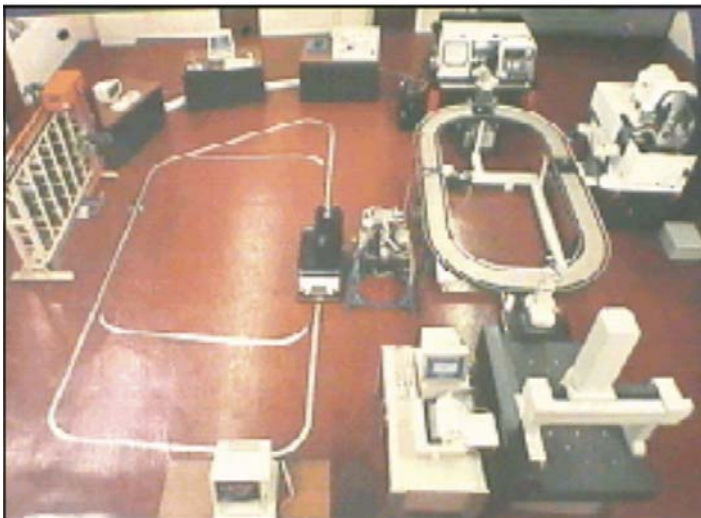


Fig. 2 – Exemplo de FMS com AGV e esteira.





## Sétima Aula



Na aula anterior foram introduzidos os conceitos de sistemas integrados de manufatura e sistemas flexíveis. Tais sistemas como foi visto, são compostos de máquinas complexas capazes de realizarem uma série de operações de manufatura sozinhas, com base em programas de produção.

Nessa aula serão apresentados os conceitos relativos à constituição, ao funcionamento e às aplicações de tais máquinas, conhecidas por máquinas CNC.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min

## Máquinas CNC – Comando Numérico Computadorizado

Máquinas com comando numérico computadorizado são equipamentos eletromecânicos controlados por um computador dedicado que tem a função de ler, interpretar e executar um programa de produção escrito especificamente para o tipo de máquina a que está acoplado.

Há vários tipos de máquinas que podem ser classificadas como máquinas CNC, mas as aplicações mais comuns são os tornos, fresadoras, centros de usinagem, injetoras, máquinas de corte, solda, estamparia e medição (CMM-*Coordinate Measure Machine*).



**Educador**, caso a empresa em que trabalhe não disponha de máquinas CNC para que os jovens tenham contato, uma alternativa é utilizar vídeos para ilustrar o assunto. Há uma variedade muito grande vídeos sobre os diversos temas tratados a seguir disponíveis no site [www.youtube.com](http://www.youtube.com).

Como sugestão:

<http://www.youtube.com/watch?v=lofxSpSA0do>

<http://www.youtube.com/watch?v=E1Fj1j8Sg1g>

<http://www.youtube.com/watch?v=-J4RIAmBuEo>

A arquitetura genérica de uma máquina CNC está esquematizada na figura a seguir:



**Educador**, distribua uma cópia do diagrama aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

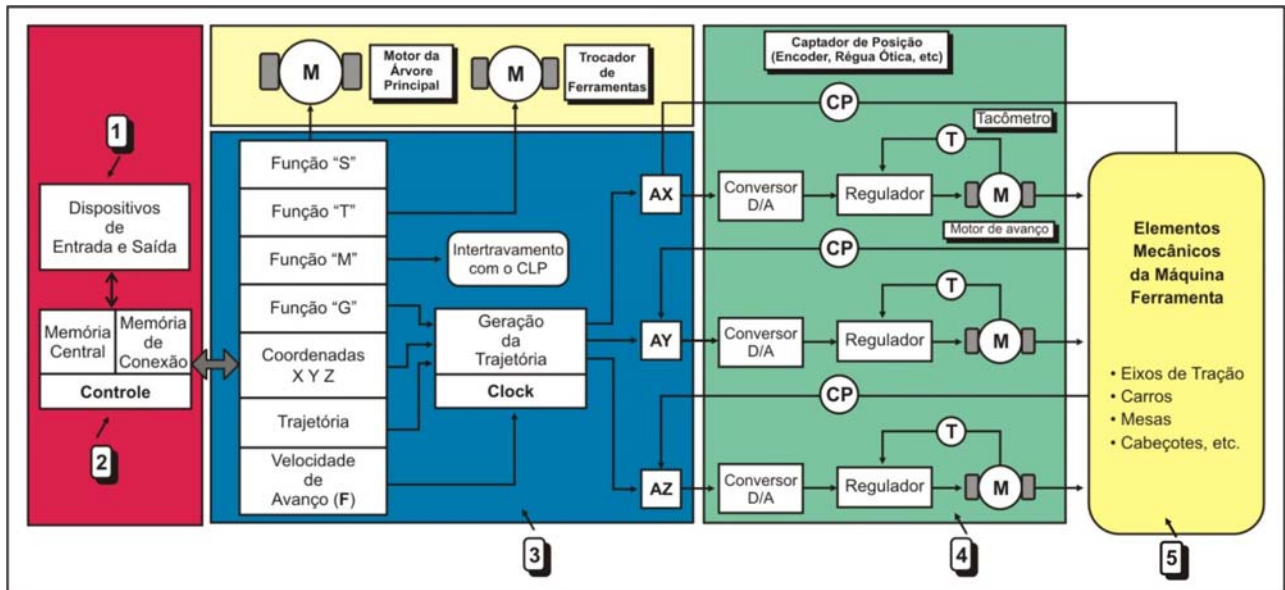


Fig. 14 – Arquitetura genérica de uma máquina CNC.

Onde:

- 1 **Unidade de E/S de dados** – Usada para inserir programas no controlador numérico e obter informações de *status* provenientes da máquina.
- 2 **Unidade de memória e interpretação de ordens** – Composta pela CPU, memória de trabalho principal e pela memória de conexão (usada para mapeamento de sensores).
- 3 **Unidade de cálculo** – Recebe e decodifica os comandos CN (Comandos Numéricos), gerando os sinais para composição de trajetórias, intertravamento com o CLP e acionamento dos eixos principais. É o núcleo do Comando Numérico Computadorizado e é responsável por coordenar todas as ações da máquina.
- 4 **Unidade de interconexão entre máquina-ferramenta e servomecanismos** – É responsável por converter as informações geradas pela unidade de interpolação em movimentos precisos com controle de velocidade de avanço e força. Para conseguir precisão no controle, sensores são posicionados em pontos estratégicos da máquina de modo a monitorar os eventos mais importantes.
- 5 **Elementos mecânicos e atuadores finais** – Compõem a parte estrutural da máquina e definem o tipo de trabalho que ela executará. A precisão da máquina está diretamente relacionada à qualidade e à precisão de seus elementos mecânicos. As máquinas a comando numérico são altamente solicitadas e exigem um projeto que se caracterize pela robustez e



#### Servomecanismos

Mecanismos dotados de autossensoriamento que permite a uma unidade de controle ler e corrigir variáveis como força, velocidade, posicionamento, etc., em tempo real.

alta resistência ao desgaste. O funcionamento dos sistemas de medição exige que deformações, folgas, desgastes e vibrações na máquina sejam insignificantes com relação à precisão desejada na máquina.

Dentre os elementos eletroeletrônicos de uma máquina CNC destacam-se os sistemas de medição e os motores de acionamento.

## Sistemas de medição

Entende-se por sistema de medição todo conjunto de elementos que fornece informações a respeito da posição e/ou velocidade de um dispositivo mecânico para o sistema eletrônico de controle (computador + comando numérico). Os tipos mais comuns são:

**a) óticos:**

- régua ótica (linear)
- **encoder** (rotativo)

**b) eletroindutivos:**

- régua indutiva (para deslocamentos lineares ao longo de um eixo)
- **resolver** (rotativo-angular, acoplado ao fuso de esferas ou eixo do motor)

### Observação

Esses elementos também são chamados Captadores de Posição "CP". São elementos que devem suportar altas temperaturas, vibrações mecânicas, vapores de óleo, etc.



#### **Encoder**

Um tipo de sensor ótico, rotativo ou linear, que converte deslocamentos em pulsos digitais permitindo o controle de servomecanismos.

#### **Resolver**

Um tipo de sensor analógico rotativo de alta precisão que opera de forma similar a um transformador, convertendo o deslocamento físico de seu eixo em deslocamento de fase de um sinal.

## Motores de acionamento e avanço

Motores de baixa inércia, elevado torque, com possibilidade de variação contínua de velocidade podem ser usados quaisquer dos tipos a seguir:

- a) Motor de passo** – No avanço de máquinas pequenas (baixo torque e velocidade).
- b) Motor CC** – No avanço e acionamento de máquinas de médio e grande portes (manutenção constante, alto custo).
- c) Motor CA** – Idem (manutenção reduzida, médio custo).

- d) Servomotores – Possuem um sensor acoplado ao eixo, que permite controlar-lhes a velocidade e a posição do eixo com precisão.

### **Observação**

Para máquinas CNC os sistemas de posicionamento e acionamento devem ser estáveis de modo que o movimento não seja alterado no instante do funcionamento.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial para observarem na prática o uso dos equipamentos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Arquitetura genérica de uma máquina CNC

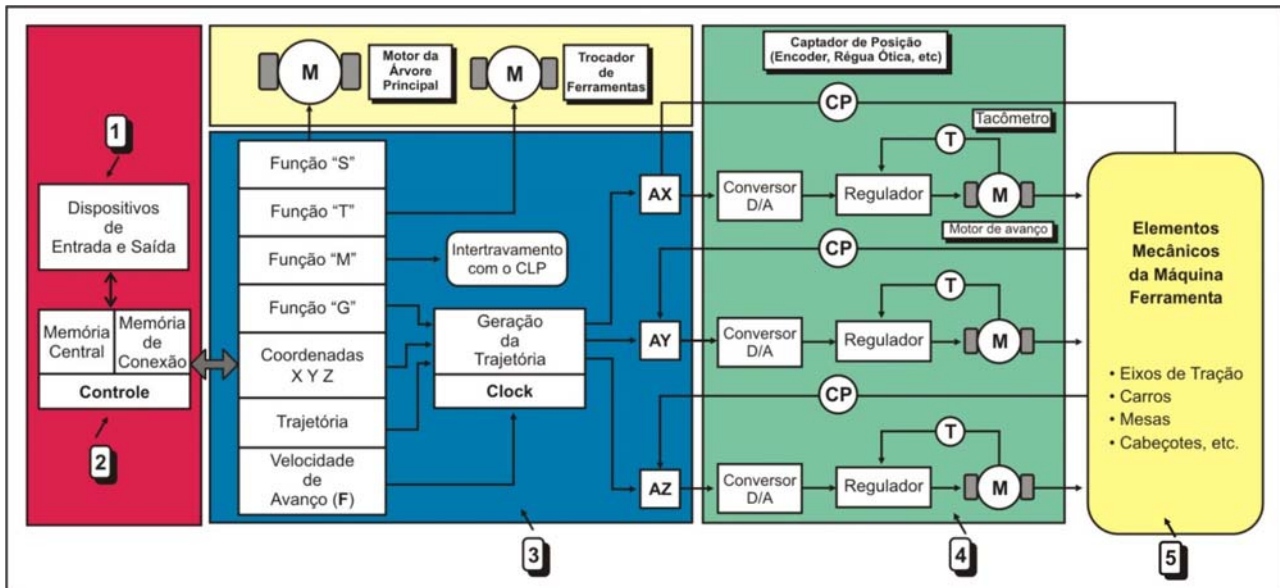


Fig. 1 – Arquitetura genérica de uma máquina CNC.

Onde:

- 1 Unidade de E/S de dados** – Usada para inserir programas no controlador numérico e obter informações de *status* provenientes da máquina.
- 2 Unidade de memória e interpretação de ordens** – Composta pela CPU, memória de trabalho principal e pela memória de conexão (usada para mapeamento de sensores).
- 3 Unidade de cálculo** – Recebe e decodifica os comandos CN (Comandos Numéricos), gerando os sinais para composição de trajetórias, intertravamento com o CLP e acionamento dos eixos principais. É o núcleo do Comando Numérico Computadorizado e é responsável por coordenar todas as ações da máquina.
- 4 Unidade de interconexão entre máquina-ferramenta e servomecanismos** – É responsável por converter as informações geradas pela unidade de interpolação em movimentos precisos com controle de velocidade de avanço e força. Para conseguir precisão no controle, sensores são posicionados em pontos estratégicos da máquina de modo a monitorar os eventos mais importantes.
- 5 Elementos mecânicos e atuadores finais** – Compõem a parte estrutural da máquina e definem o tipo de trabalho que ela executará. A precisão da máquina está diretamente relacionada à qualidade e à precisão de seus elementos mecânicos. As máquinas a comando numérico são altamente solicitadas e exigem um projeto que se caracterize pela robustez e alta resistência ao desgaste. O funcionamento dos sistemas de medição exige que deformações, folgas, desgastes e vibrações na máquina sejam insignificantes com relação à precisão desejada na máquina.



# Oitava Aula



Essa aula destina-se à visita técnica ao ambiente da fábrica, para familiarização com aplicação de máquinas CNC. O objetivo é identificar os conceitos teóricos estudados aplicados em uma situação real de produção.



## Passo 1 / Orientação



10 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de identificar e caracterizar três exemplos de máquinas CNC. Para preparar essa atividade, oriente-os sobre os procedimentos de segurança a fim de circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles se vistam adequadamente.

É importante que os jovens observem:

- especificações técnicas
- tipo de máquina
- tipo de ferramentas
- número de eixos de trabalho
- controlador
- velocidade de usinagem



## Passo 2 / Visita técnica e pesquisa



40 min

Durante a visita, um profissional da área de automação apresentará algumas máquinas CNC, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem uma boa pesquisa.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso a turma não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem uma boa pesquisa e conseqüentemente fazerem uma boa apresentação. Verificar a possibilidade de mudança do período. Às vezes, não há disponibilidade naquele período, porém ao adiar em um dia a entrada haverá UHs disponíveis.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos equipamentos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Nona Aula

Outro elemento de extrema importância no ambiente de automação industrial e que também compõe os sistemas integrados de manufatura é o robô industrial.

Nessa aula serão apresentados os conceitos relativos às aplicações, características técnicas e estruturais dos robôs usados na indústria. O objetivo é que os jovens compreendam o papel desta tecnologia e os benefícios proporcionados por ela e que também saibam diferenciar os tipos de robôs usados em automação.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações. Recomende aos jovens a leitura do texto no início da aula.



## Robôs industriais e suas aplicações

Genericamente o termo **Robô** é uma palavra proveniente do *tcheco robota* e quer dizer escravo. No campo da automação industrial a definição mais adequada e abrangente é a de que um robô é um equipamento eletromecânico programável com movimentos servocontrolados e capacidade de tomada de decisões.

Dentro dessa definição, podemos inserir praticamente todas as variantes possíveis de robôs, desde os industriais até os de aplicações especiais como os AGVs (*Automated Guided Vehicles*) e os Ciborgs (*Cybernetic Organisms*).

- **Robôs Industriais (RI)** – Tipicamente braços mecânicos, são usados para as mais diversas aplicações na indústria, indo desde o controle de estoque até processos complexos de montagem e/ou manufatura de produtos. Os tópicos a seguir darão ênfase nesse tipo de robô em particular, por ser um modelo mais comumente encontrado na indústria.



**Educador**, caso a empresa em que trabalhe não disponha de robôs para que os jovens tenham contato, uma alternativa é utilizar vídeos para ilustrar o assunto. Há uma variedade muito grande de vídeos sobre os diversos temas tratados a seguir disponíveis no *site* [www.youtube.com](http://www.youtube.com).

Como sugestão:

<http://www.youtube.com/watch?v=D7dxWXvnc28>

<http://www.youtube.com/watch?v=BRAMn2Ey8Yk>

<http://www.youtube.com/watch?v=WlqJ2YpFUIE>

<http://www.youtube.com/watch?v=HUU3HdxOqZs>

As aplicações mais comuns dos robôs industriais são:

- carga e descarga de máquinas CNC (*Machine Tending*);
- movimentação de peças;
- armazenamento e recuperação de materiais;
- solda elétrica/solda ponto;
- montagem/colagem;
- pintura;
- corte a *laser*;
- controle de qualidade;
- manuseio e/ou transporte de substâncias perigosas.

## Características técnicas de robôs industriais

Para se escolher o robô mais adequado para uma dada aplicação, além de determinar a construção física mais apropriada, é importante especificar certos parâmetros que vão definir o grau de eficiência e desempenho do robô na tarefa proposta. Dentre tais parâmetros, os mais importantes a serem considerados são: graus de liberdade, precisão, repetibilidade, volume e envelope de trabalho.

### Graus de liberdade

São chamados de graus de liberdade os movimentos básicos independentes que um sistema eletromecânico pode realizar. No caso de um robô industrial, corresponde ao número de movimentos relativos de suas articulações. Quando o movimento relativo ocorre em um único eixo, a articulação tem um grau de liberdade. Quando o movimento é por mais de um eixo, a articulação tem dois ou mais graus de liberdade.

A maioria dos robôs tem entre quatro e seis graus de liberdade. Já o homem, do ombro até o pulso, tem sete graus de liberdade. A mão humana é considerada a parte do corpo mais difícil de ser reproduzida, pois só nela se pode encontrar até 22 graus de liberdade.

Na prática, quanto mais graus de liberdade o robô tiver, maior será sua flexibilidade, mas em contrapartida seu controle também se tornará mais complexo.

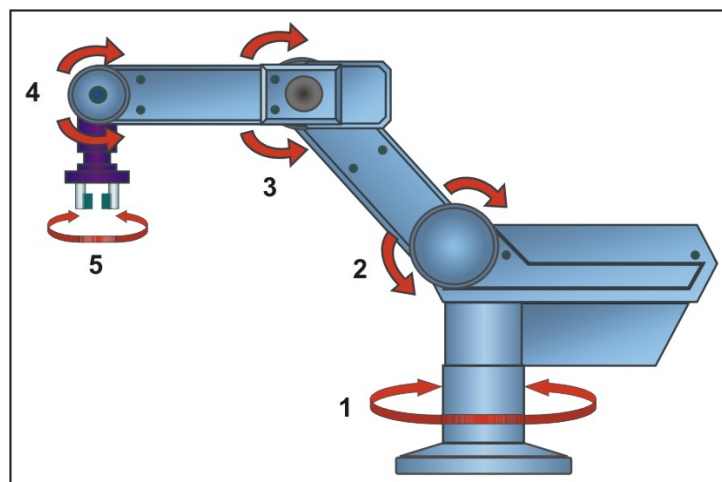


Fig. 15 – Graus de liberdade de um robô.

## Resolução

Esse parâmetro corresponde ao menor incremento de deslocamento que um robô consegue distinguir de acordo com sua construção e seu sensoriamento. Pode-se comparar a resolução de um robô com a de um monitor de computador, mas com a ressalva de que no caso do robô essa resolução é, na grande maioria dos casos, considerada num espaço tridimensional.

De um modo geral, quanto menor o incremento de resolução de um robô, mais suave é a trajetória que ele consegue desenvolver.

## Precisão

Pode-se definir a precisão de um robô como sendo a capacidade de atingir um determinado ponto do espaço ou realizar uma trajetória com um mínimo de erro (desvio) possível. É normalmente dada em centésimos ou milésimos de milímetro.

Esse parâmetro está diretamente relacionado com o grau de rigidez do robô (que é resultado do seu tipo de construção) e com a velocidade de processamento da unidade de controle.

Em robôs industriais de alta precisão, o valor desse parâmetro pode girar em torno de alguns micrômetros ( $\mu\text{m}$ ).

## Repetibilidade

É a capacidade de repetir um movimento diversas vezes, mantendo a mesma precisão. Corresponde ao raio em torno de um ponto de referência, resultante da dispersão máxima que o robô produz quando tenta retornar para uma posição aprendida previamente. É sempre maior que o grau de resolução do robô, e é dada em décimos ou centésimos de milímetros.

## Volume x Envelope de trabalho

Outros dois parâmetros muito importantes na escolha de um robô estão relacionados ao seu alcance máximo e ao grau de aproveitamento do espaço ao seu redor.

- **Volume de trabalho** – É a soma de todos os pontos que a garra do robô consegue alcançar no espaço.

- **Envelope de trabalho** – Também conhecido como espaço de trabalho (*Workspace*), corresponde ao alcance máximo do robô, é como a “casca” do volume de trabalho.

A forma e a abrangência do envelope de trabalho (bem como do volume resultante) dependem intimamente do tipo de construção do robô. No item quatro serão descritos os tipos de construção básica de robôs e o tipo de espaço de trabalho que delas resultam.

### Exemplo de especificação técnica de robô industrial

Abaixo, um exemplo de especificação para o robô AM2 da Samsung:

Item		Especificações
<i>Robot Type</i>		<i>Vertically articulated robot</i>
<i>Degrees of Freedom</i>		6
<i>Payload</i>		20 kgf
<i>Repeatability</i>		±0.1 mm
<i>Reach (Max.)</i>		600mm + 750mm ( <i>Lower + Upper ARM</i> )
<i>Work Envelope</i> & <i>Max Speed</i>	<i>Joint 1</i>	±170° (120° / sec)
	<i>Joint 2</i>	+150° ~ -80° (120° / sec)
	<i>Joint 3</i>	+125° ~ -140° (120° / sec)
	<i>Joint 4</i>	±180° (225° / sec)
	<i>Joint 5</i>	±135° (225° / sec)
	<i>Joint 6</i>	±200° (225° / sec)
<i>Allowance Moment</i>	<i>Joint 4</i>	44.1 N · m
	<i>Joint 5</i>	44.1 N · m
	<i>Joint 6</i>	19.6 N · m
<i>Allowable Inertia</i>	<i>Joint 4</i>	0.7 kg · m <sup>2</sup>
	<i>Joint 5</i>	0.7 kg · m <sup>2</sup>
	<i>Joint 6</i>	0.26 kg · m <sup>2</sup>
<i>Motor Type</i>		AC Servo motor
<i>Position Detection</i>		<i>Absolute encoder</i>
<i>Installation Environment</i>	<i>Temperature</i>	0 ~ + 40° C
	<i>Humidity</i>	20 ~ 80%RH
	<i>Vibration</i>	<i>Below 0.5G</i>
<i>Pneumatic Tubes</i>		ø 10 mm 1ea
<i>Signal Cable for User</i>		14 pins
<i>Weight</i>	<i>Body</i>	Approx. 200kg
	<i>Controller</i>	Approx. 60kg
<i>Controller Type</i>		SRCP - MAM2
<i>Mounting Method</i>		<i>Floor</i>
<i>Power supply</i>		<i>3-phase 220v 5KVA</i>

## Tipos estruturais de robôs industriais

De acordo com o número e a disposição dos elementos básicos (ligamentos e articulações) de um robô industrial, pode-se classificá-lo como: cartesiano, cilíndrico, esférico, articulado horizontal ou articulado vertical (que é o mais comum na indústria automobilística).

### Robôs cartesianos

São formados, basicamente, por juntas (articulações) prismáticas, também chamadas de juntas deslizantes. Nesse tipo de construção os movimentos relativos são primordialmente lineares (PPP). Exemplo: robôs de armazenamento (ASRS – *Automated Storage and Retrieval System*).

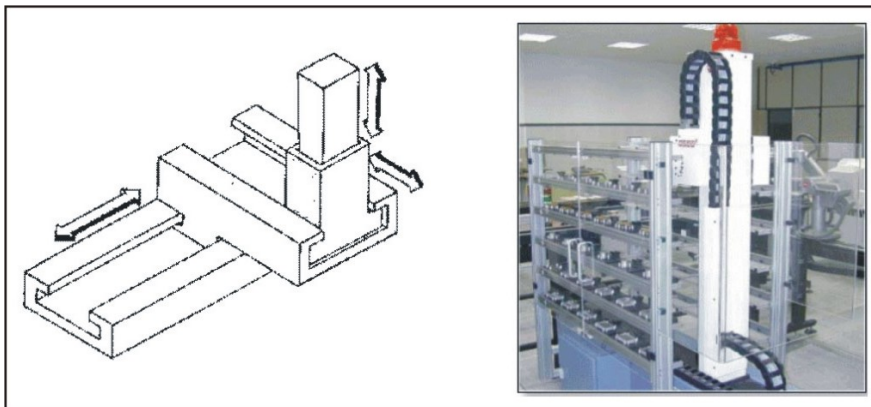


Fig. 16 – Estrutura de construção cartesiana (PPP) e robô ASRS da Eshed Robotec.

### Robôs cilíndricos

Combinam juntas prismáticas com um movimento de rotação (junta de rotação), normalmente na base do robô (RPP). Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de um cilindro oco no interior. Exemplo: robôs para operações de *pick-and-place*, (pegar e pôr).

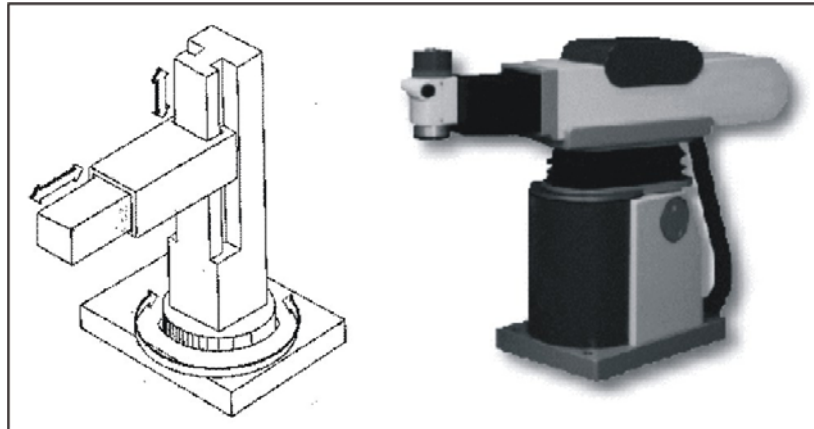


Fig. 17 – Estrutura de construção cilíndrica (RPP) e robô RT33 da SEIKO.

### Robôs esféricos

Possuem pelo menos duas juntas de rotação em sua base (RRP), trabalhando em direções (eixos) diferentes. Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de uma semiesfera (cúpula). Exemplo: a maioria dos robôs articulados verticais se enquadra nessa categoria.

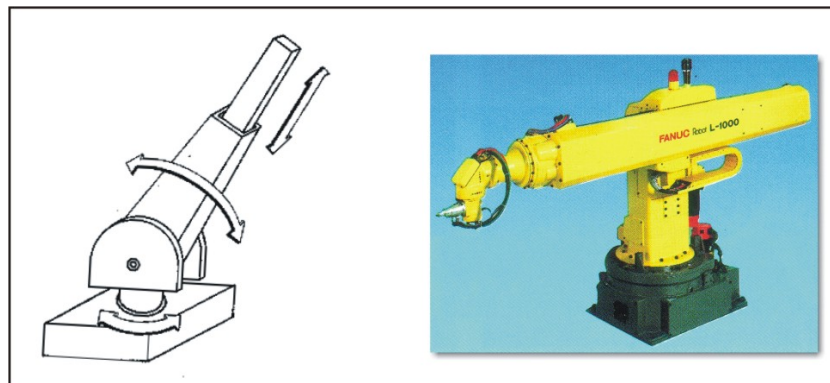


Fig. 18 - Estrutura de construção esférica (RPP) e robô L-1000 da FANUC.

### Robô articulado horizontal

Possui pelo menos duas juntas de rotação em sequência (RRP), trabalhando no mesmo plano horizontal. Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de uma toróide (câmara de pneu). Exemplo: robôs de montagem de circuitos eletrônicos.

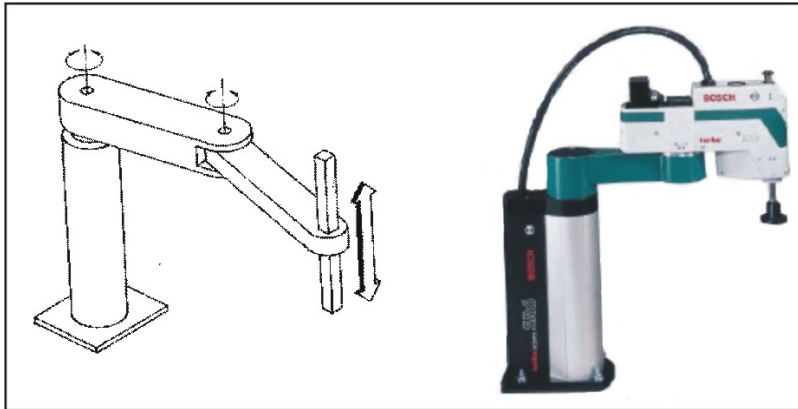


Fig. 19 – Estrutura articulada horizontal e robô TurboSCARA da Bosch.

### Robô articulado vertical

Esse robô caracteriza-se por possuir no mínimo três juntas de revolução (RRR) e é o modelo mais flexível em termos de movimentação e posicionamento do atuador final. Em contrapartida seu controle é mais complexo e na forma final seu volume de trabalho mais difícil de determinar. Exemplo: a maioria das aplicações na indústria automobilística usa esse tipo de robô.

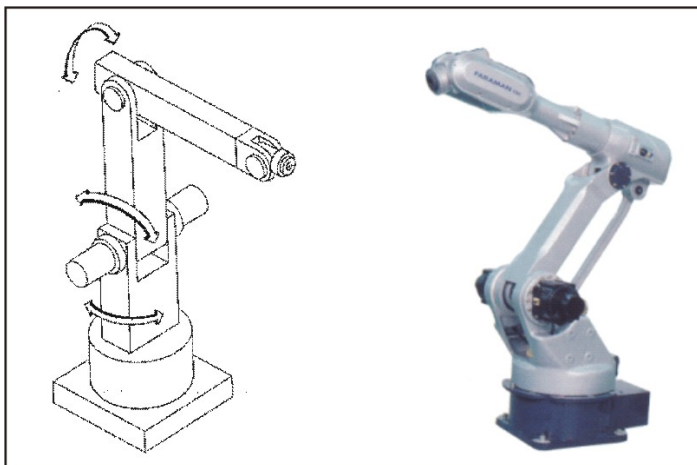


Fig. 20 – Estrutura articulada vertical e o robô AM2 da Samsung.







## Robôs industriais e suas aplicações

Genericamente o termo **Robô** é uma palavra proveniente do *tcheco robota* e quer dizer escravo. No campo da automação industrial a definição mais adequada e abrangente é a de que um robô é um equipamento eletromecânico programável com movimentos servocontrolados e capacidade de tomada de decisões.

Dentro dessa definição, podemos inserir praticamente todas as variantes possíveis de robôs, desde os industriais até os de aplicações especiais como os AGVs (*Automated Guided Vehicles*) e os Ciborgs (*Cybernetic Organisms*).

- **Robôs Industriais (RI)** – Tipicamente braços mecânicos, são usados para as mais diversas aplicações na indústria, indo desde o controle de estoque até processos complexos de montagem e/ou manufatura de produtos. Os tópicos a seguir darão ênfase nesse tipo de robô em particular, por ser um modelo mais comumente encontrado na indústria.

As aplicações mais comuns dos robôs industriais são:

- carga e descarga de máquinas CNC (*Machine Tending*);
- movimentação de peças;
- armazenamento e recuperação de materiais;
- solda elétrica/solda ponto;
- montagem/colagem;
- pintura;
- corte a *laser*;
- controle de qualidade;
- manuseio e/ou transporte de substâncias perigosas.

### Características técnicas de robôs industriais

Para se escolher o robô mais adequado para uma dada aplicação, além de determinar a construção física mais apropriada, é importante especificar certos parâmetros que vão definir o grau de eficiência e desempenho do robô na tarefa proposta. Dentre tais parâmetros, os mais importantes a serem considerados são: graus de liberdade, precisão, repetibilidade, volume e envelope de trabalho.

#### Graus de liberdade

São chamados de graus de liberdade os movimentos básicos independentes que um sistema eletromecânico pode realizar. No caso de um robô industrial, corresponde ao número de movimentos relativos de suas articulações. Quando o movimento relativo ocorre em um único eixo, a articulação tem um grau de liberdade. Quando o movimento é por mais de um eixo, a articulação tem dois ou mais graus de liberdade.

A maioria dos robôs tem entre quatro e seis graus de liberdade. Já o homem, do ombro até o pulso, tem sete graus de liberdade. A mão humana é considerada a parte

do corpo mais difícil de ser reproduzida, pois só nela se pode encontrar até 22 graus de liberdade.

Na prática, quanto mais graus de liberdade o robô tiver, maior será sua flexibilidade, mas em contrapartida seu controle também se tornará mais complexo.

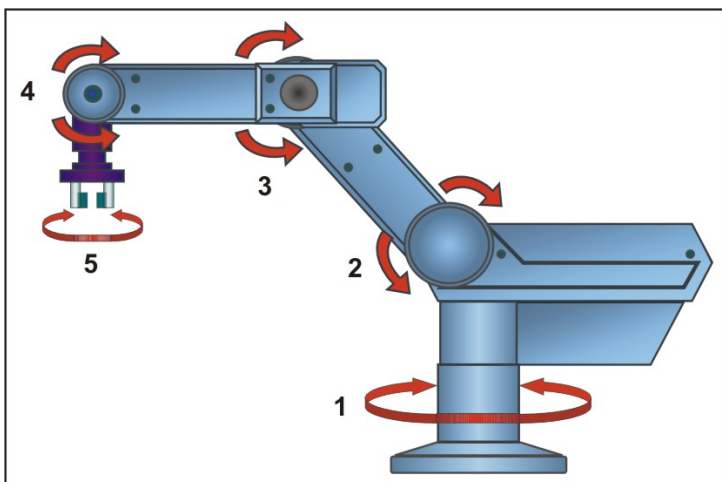


Fig. 1 – Graus de liberdade de um robô.

## Resolução

Esse parâmetro corresponde ao menor incremento de deslocamento que um robô consegue distinguir de acordo com sua construção e seu sensoriamento. Pode-se comparar a resolução de um robô com a de um monitor de computador, mas com a ressalva de que no caso do robô essa resolução é, na grande maioria dos casos, considerada num espaço tridimensional.

De um modo geral, quanto menor o incremento de resolução de um robô, mais suave é a trajetória que ele consegue desenvolver.

## Precisão

Pode-se definir a precisão de um robô como sendo a capacidade de atingir um determinado ponto do espaço ou realizar uma trajetória com um mínimo de erro (desvio) possível. É normalmente dada em centésimos ou milésimos de milímetro.

Esse parâmetro está diretamente relacionado com o grau de rigidez do robô (que é resultado do seu tipo de construção) e com a velocidade de processamento da unidade de controle.

Em robôs industriais de alta precisão, o valor desse parâmetro pode girar em torno de alguns micrômetros ( $\mu\text{m}$ ).

## Repetibilidade

É a capacidade de repetir um movimento diversas vezes, mantendo a mesma precisão. Corresponde ao raio em torno de um ponto de referência, resultante da dispersão máxima que o robô produz quando tenta retornar para uma posição aprendida previamente. É sempre maior que o grau de resolução do robô, e é dada em décimos ou centésimos de milímetros.

## Volume x Envelope de trabalho

Outros dois parâmetros muito importantes na escolha de um robô estão relacionados ao seu alcance máximo e ao grau de aproveitamento do espaço ao seu redor.

- **Volume de trabalho** – É a soma de todos os pontos que a garra do robô consegue alcançar no espaço.
- **Envelope de trabalho** – Também conhecido como espaço de trabalho (*Workspace*), corresponde ao alcance máximo do robô, é como a “casca” do volume de trabalho.

A forma e a abrangência do envelope de trabalho (bem como do volume resultante) dependem intimamente do tipo de construção do robô. No item quatro serão descritos os tipos de construção básica de robôs e o tipo de espaço de trabalho que delas resultam.

## Exemplo de especificação técnica de robô industrial

Abaixo, um exemplo de especificação para o robô AM2 da Samsung:

Item	Especificações	
<i>Robot Type</i>	<i>Vertically articulated robot</i>	
<i>Degrees of Freedom</i>	6	
<i>Payload</i>	20 kgf	
<i>Repeatability</i>	±0.1 mm	
<i>Reach (Max.)</i>	600mm + 750mm ( <i>Lower + Upper ARM</i> )	
<i>Work Envelope</i> & <i>Max Speed</i>	<i>Joint 1</i>	±170° (120° / sec)
	<i>Joint 2</i>	+150° ~ -80° (120° / sec)
	<i>Joint 3</i>	+125° ~ -140° (120° / sec)
	<i>Joint 4</i>	±180° (225° / sec)
	<i>Joint 5</i>	±135° (225° / sec)
	<i>Joint 6</i>	±200° (225° / sec)
<i>Allowance Moment</i>	<i>Joint 4</i>	44.1 N · m
	<i>Joint 5</i>	44.1 N · m
	<i>Joint 6</i>	19.6 N · m
<i>Allowable Inertia</i>	<i>Joint 4</i>	0.7 kg · m <sup>2</sup>
	<i>Joint 5</i>	0.7 kg · m <sup>2</sup>
	<i>Joint 6</i>	0.26 kg · m <sup>2</sup>
<i>Motor Type</i>	AC Servo motor	
<i>Position Detection</i>	<i>Absolute encoder</i>	
<i>Installation Environment</i>	<i>Temperature</i>	0 ~ + 40° C
	<i>Humidity</i>	20 ~ 80%RH
	<i>Vibration</i>	<i>Below 0.5G</i>
<i>Pneumatic Tubes</i>	ø 10 mm 1ea	
<i>Signal Cable for User</i>	14 pins	
<i>Weight</i>	<i>Body</i>	Approx. 200kg
	<i>Controller</i>	Approx. 60kg
<i>Controller Type</i>	SRCP - MAM2	
<i>Mounting Method</i>	<i>Floor</i>	
<i>Power supply</i>	<i>3-phase 220v 5KVA</i>	

## Tipos estruturais de robôs industriais

De acordo com o número e a disposição dos elementos básicos (ligamentos e articulações) de um robô industrial, pode-se classificá-lo como: cartesiano, cilíndrico, esférico, articulado horizontal ou articulado vertical (que é o mais comum na indústria automobilística).

### Robôs cartesianos

São formados, basicamente, por juntas (articulações) prismáticas, também chamadas de juntas deslizantes. Nesse tipo de construção os movimentos relativos são primordialmente lineares (PPP). Exemplo: robôs de armazenamento (ASRS – *Automated Storage and Retrieval System*).

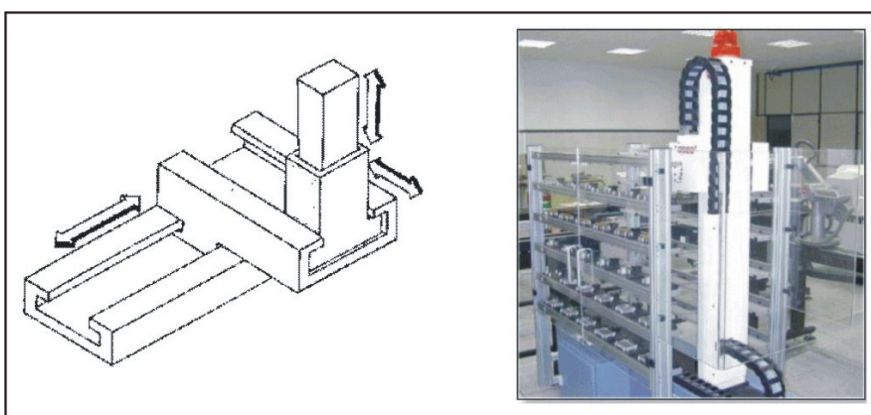


Fig. 2 – Estrutura de construção cartesiana (PPP) e robô ASRS da Eshed Robotec.

### Robôs cilíndricos

Combinam juntas prismáticas com um movimento de rotação (junta de rotação), normalmente na base do robô (RPP). Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de um cilindro oco no interior. Exemplo: robôs para operações de *pick-and-place*, (pegar e pôr).

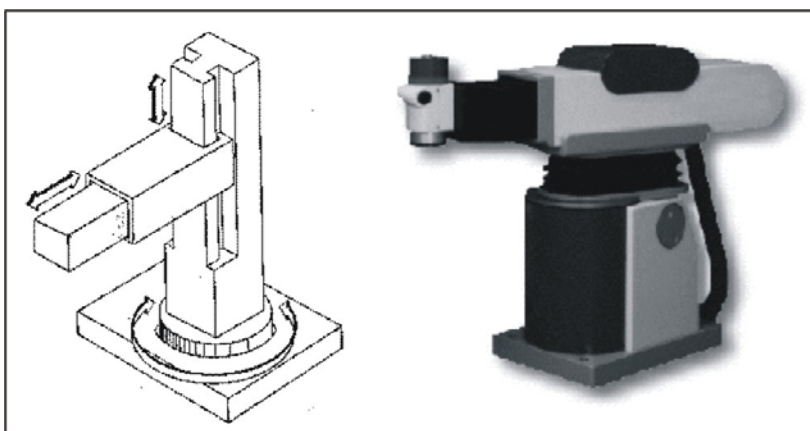


Fig. 3 – Estrutura de construção cilíndrica (RPP) e robô RT33 da SEIKO.

## Robôs esféricos

Possuem pelo menos duas juntas de rotação em sua base (RRP), trabalhando em direções (eixos) diferentes. Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de uma semiesfera (cúpula). Exemplo: a maioria dos robôs articulados verticais se enquadra nessa categoria.

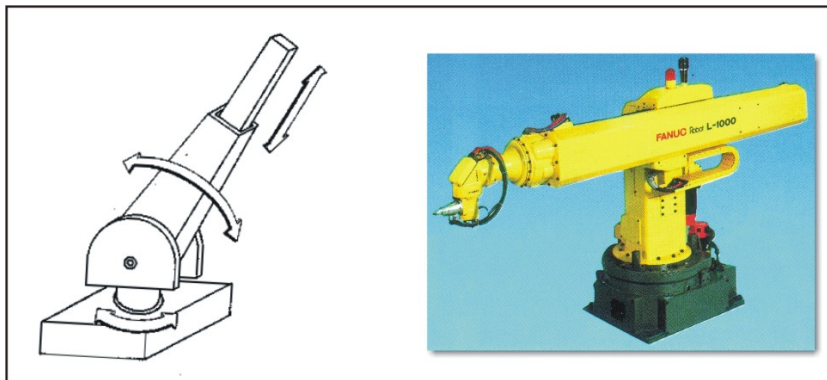


Fig. 4 - Estrutura de construção esférica (RRP) e robô L-1000 da FANUC.

## Robô articulado horizontal

Possui pelo menos duas juntas de rotação em sequência (RRP), trabalhando no mesmo plano horizontal. Nesse tipo de construção o volume de trabalho resultante tem a forma de uma toróide (câmara de pneu). Exemplo: robôs de montagem de circuitos eletrônicos.

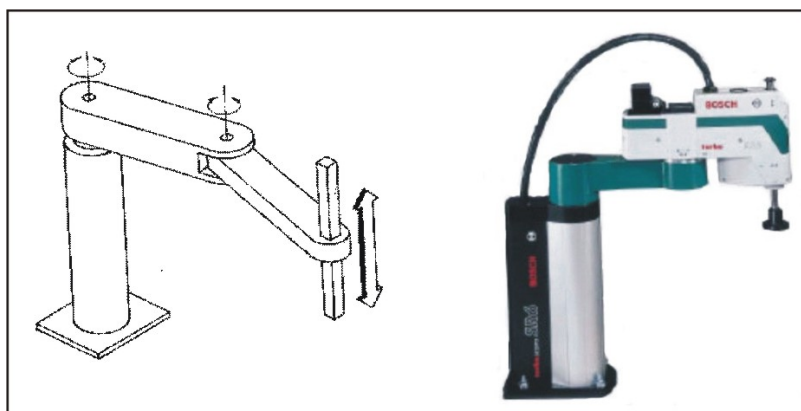


Fig. 5 – Estrutura articulada horizontal e robô TurboSCARA da Bosch.

## Robô articulado vertical

Esse robô caracteriza-se por possuir no mínimo três juntas de revolução (RRR) e é o modelo mais flexível em termos de movimentação e posicionamento do atuador final. Em contrapartida seu controle é mais complexo e na forma final seu volume de trabalho mais difícil de determinar. Exemplo: a maioria das aplicações na indústria automobilística usa esse tipo de robô.

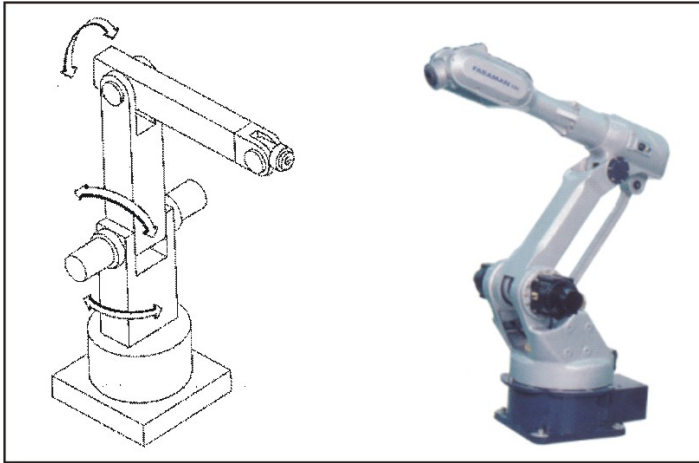


Fig. 6 – Estrutura articulada vertical e o robô AM2 da Samsung.

## Décima Aula



Na aula anterior foram apresentados aspectos básicos de um robô industrial, tais como suas características técnicas e estruturais. No entanto o braço robótico não funciona sozinho e é dependente de outros sistemas para poder operar adequadamente.

Nessa aula serão apresentados os elementos que compõem um sistema robótico completo, com o objetivo de complementar a visão geral sobre este tipo de tecnologia.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações. Recomende aos jovens a leitura do texto no início da aula.

## Elementos de um sistema robótico

Um robô industrial (braço mecânico) é constituído das seguintes partes: ligamentos (*links*), articulações (*joints*), acionamentos, sensores, atuador final (*End-effector*) e uma unidade central de controle. Cada parte desempenha uma função específica de modo que o conjunto todo possa posicionar e orientar o atuador final (garra, ferramenta de solda, pistola de pintura, etc.) com precisão.

Nos tópicos a seguir serão analisados cada um deles.

### Ligamentos (*Links*)

Os ligamentos ou *links* são os elementos responsáveis por fornecer a estrutura do robô, conectando uma articulação à outra. Correspondem aos ossos do braço humano.

São três os fatores importantes na construção dos ligamentos: a carga externa que deve suportar, o peso do próprio braço e o seu grau de rigidez. Um braço com uma estrutura muito pesada vai necessitar de um motor maior, tornando o custo do robô mais elevado.

Por outro lado, um braço de baixa rigidez reduz a precisão do robô devido às vibrações e resposta à tensão. Para aumentar a rigidez mecânica do braço sem aumentar seu peso, frequentemente usa-se uma estrutura oca.

A flexibilidade de movimentos dos robôs depende do número de ligamentos e articulações que ele possui (graus de liberdade).

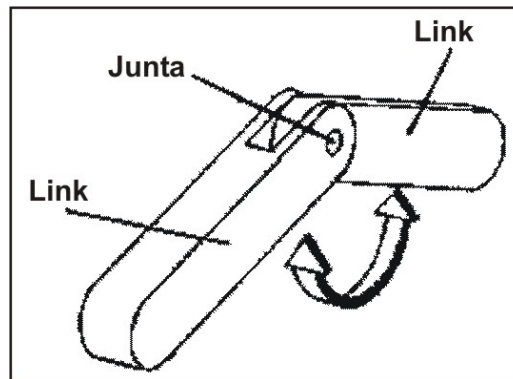


Fig. 21 – Links em um braço.

### Juntas ou articulações (*Joints*)

Uma junta ou articulação conecta dois links adjacentes permitindo o movimento relativo entre eles. O tipo de movimento realizado depende da construção da junta utilizada. Basicamente existem três tipos de juntas: as de deslizamento (ou prismáticas), as de revolução e as esféricas.

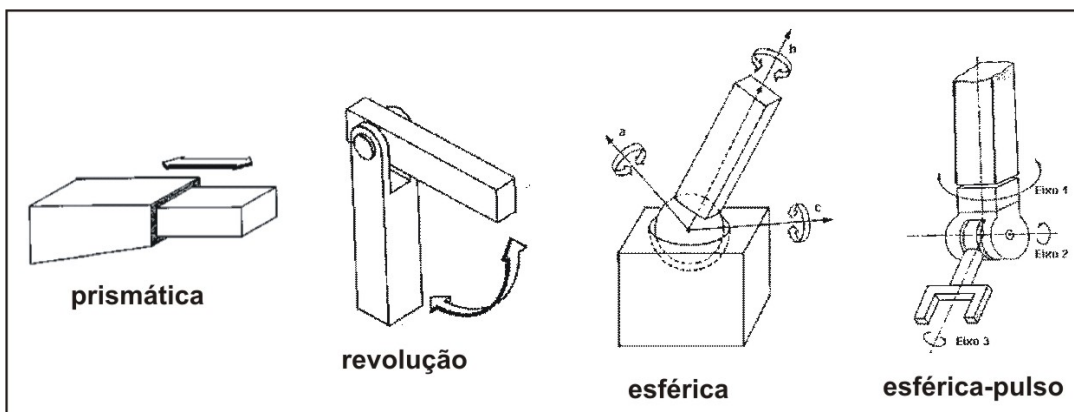


Fig. 22 – Tipos de juntas para robôs.

### Acionamento

O acionamento no robô é obtido por meio do uso de servomotores e/ou atuadores elétricos, hidráulicos ou pneumáticos. É responsável pela força motriz que movi-



menta os ligamentos do robô e pode ser classificado como direto ou indireto.

- **Acionamento direto** – Quando o servomotor ou atuador que gera o movimento está localizado na própria junta ou articulação onde o movimento é percebido. Nesse caso o acoplamento entre a junta e o motor pode até ser feita sem mecanismos intermediários (engrenagens ou correias).
- **Acionamento indireto** – Nesse caso, os servomotores/atuadores ficam localizados geralmente próximos à base do robô e o movimento é transmitido por meio de correias ou sistemas de engrenagens. A vantagem desse tipo de acionamento é que o braço mecânico fica mais leve, porém é mais suscetível ao efeito das folgas e não aproveita totalmente a potência dos servos.

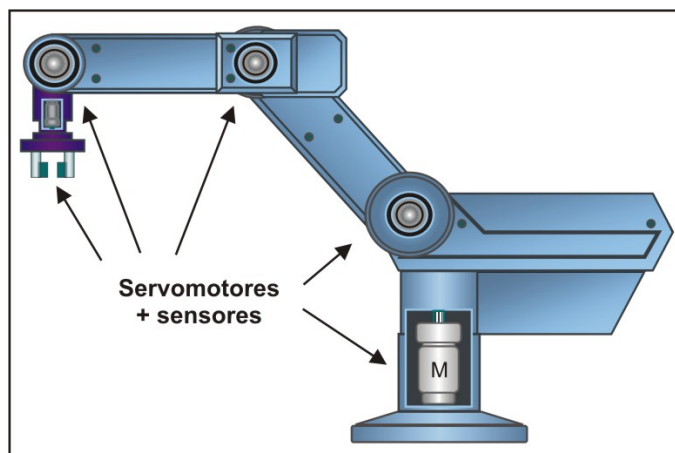


Fig. 23 – Exemplo de acionamento direto por servomotores.

## Sensoriamento

Para que o robô possa encontrar uma determinada posição no espaço ou corrigir sua trajetória ao longo de um movimento e até mesmo detectar um obstáculo, ele precisa de realimentação constante de variáveis como velocidade, deslocamento angular, deslocamento linear, força, etc.

Tais grandezas são obtidas por meio de sensores especializados instalados em pontos-chave do braço mecânico, depois o sinal correspondente é injetado no controlador onde uma série de circuitos e algoritmos realiza os cálculos necessários para corrigir o posicionamento do robô.

Existem vários tipos de sensores para as mais variadas aplicações, mas, no caso do servoposicionamento, os



#### Digital

Um sinal digital é aquele que possui dois valores discretos de amplitude bem definidos ao longo do tempo, podendo representar informações binárias.

#### Analógico

Um sinal analógico é aquele que possui variação contínua ao longo do tempo, podendo assumir infinitos valores de amplitude.

mais usados são o *encoder* (**digital**) e o *resolver* (**analógico**), que convertem os deslocamentos das juntas do robô em pulsos para que o controlador possa calcular a posição da garra.



Fig. 24 – Encoders rotativos.

O princípio de funcionamento dos *encoders* é relativamente simples: um conjunto fototransmissor e receptor é montado sobre as faces de um disco de vidro ranhurado, que ao girar interrompe a luz no conjunto transmissor/receptor, produzindo assim um trem de pulsos que pode ser usado para calcular a velocidade e o posicionamento do eixo onde está acoplado.

A estrutura básica de um *encoder* é formada por quatro partes:

- Fonte de luz.
- Disco rotativo.
- Máscara estacionária.
- Sensor.

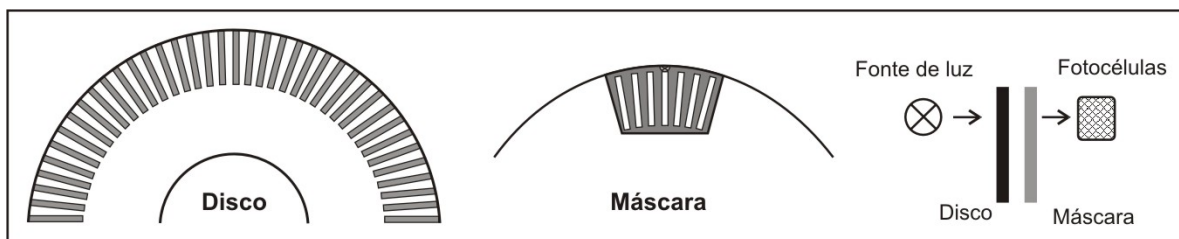


Fig. 25 – Estrutura de um *encoder*.

O disco possui regiões opacas e regiões transparentes alternadas.



A máscara é utilizada para permitir a passagem ou não da luz. Para os codificadores com resolução fina (até milhares de segmentos por revolução), usa-se uma máscara com várias fendas para aumentar a resolução da recepção de luz no obturador.

A figura a seguir mostra as formas de onda de um *encoder* incremental monocanal.

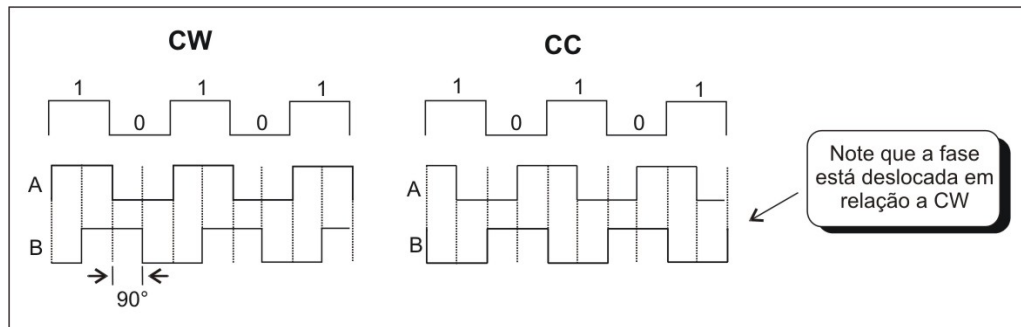


Fig. 26 – Saída gerada por um *encoder* CW – *ClockWise* e CC – *CounterClockWise*.

### Observações

- A forma de onda típica de um contador de pulsos monocanal é retangular.
- Sinais em quadratura de um CP dual, ou seja, possibilidade de identificação do sentido de deslocamento (esquerda ou direita). Para a medida do sentido de deslocamento e/ou outras funções é necessário um codificador de canal dual com dois conjuntos de pulsos de saídas defasadas de  $90^\circ$ ; os dois sinais são ditos em quadratura; esses sinais definem unicamente as transições lógicas de “0” para “1”.

### Controlador

O controlador do robô é um tipo especial de CPU que recebe os dados provenientes dos sensores e calcula a trajetória da garra, em seguida gera os sinais adequados para ativar o acionamento dos eixos. É também responsável pela interpretação dos programas inseridos na memória para descrever o comportamento do robô.

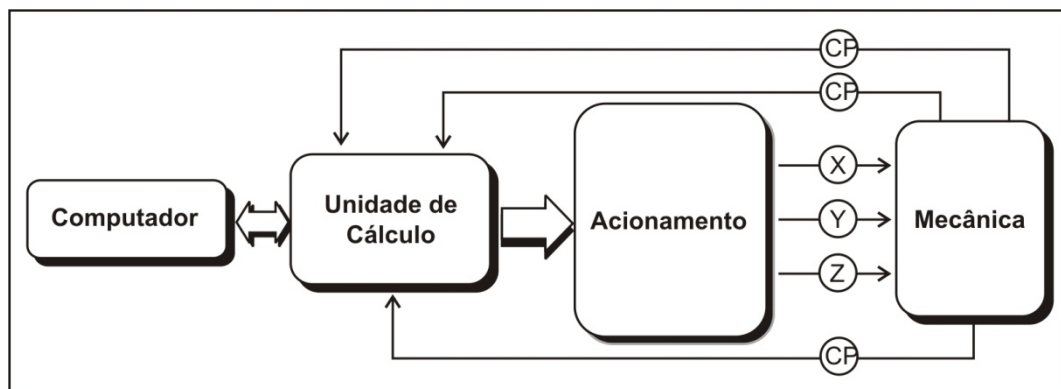


Fig. 27 – Arquitetura básica de um controlador.

Seu principal elemento é a Unidade de Cálculo que realiza o processo de interpolação para garantir a suavidade da trajetória da garra.

**Educador**, se não houver aplicações de robôs na empresa, sugere-se passar um vídeo relacionado ao assunto ou agendar uma visita monitorada a uma empresa que adote tal tecnologia.

Na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos equipamentos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Elementos de um sistema robótico

Um robô industrial (braço mecânico) é constituído das seguintes partes: ligamentos (*links*), articulações (*joints*), acionamentos, sensores, atuador final (*End-effector*) e uma unidade central de controle. Cada parte desempenha uma função específica de modo que o conjunto todo possa posicionar e orientar o atuador final (garra, ferramenta de solda, pistola de pintura, etc.) com precisão.

Nos tópicos a seguir serão analisados cada um deles.

### Ligamentos (*Links*)

Os ligamentos ou *links* são os elementos responsáveis por fornecer a estrutura do robô, conectando uma articulação à outra. Correspondem aos ossos do braço humano.

São três os fatores importantes na construção dos ligamentos: a carga externa que deve suportar, o peso do próprio braço e o seu grau de rigidez. Um braço com uma estrutura muito pesada vai necessitar de um motor maior, tornando o custo do robô mais elevado.

Por outro lado, um braço de baixa rigidez reduz a precisão do robô devido às vibrações e resposta à tensão. Para aumentar a rigidez mecânica do braço sem aumentar seu peso, frequentemente usa-se uma estrutura oca.

A flexibilidade de movimentos dos robôs depende do número de ligamentos e articulações que ele possui (graus de liberdade).

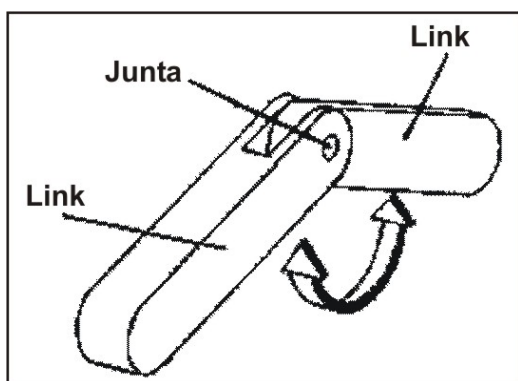


Fig. 1 – Links em um braço.

### Juntas ou articulações (*Joints*)

Uma junta ou articulação conecta dois *links* adjacentes permitindo o movimento relativo entre eles. O tipo de movimento realizado depende da construção da junta utilizada. Basicamente existem três tipos de juntas: as de deslizamento (ou prismáticas), as de revolução e as esféricas.

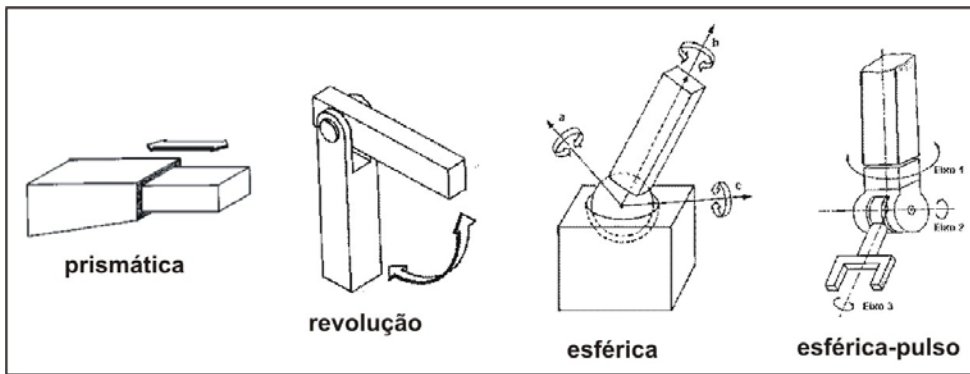


Fig. 2 – Tipos de juntas para robôs.

## Acionamento

O acionamento no robô é obtido por meio do uso de servomotores e/ou atuadores elétricos, hidráulicos ou pneumáticos. É responsável pela força motriz que movimenta os ligamentos do robô e pode ser classificado como direto ou indireto.

- **Acionamento direto** – Quando o servomotor ou atuador que gera o movimento está localizado na própria junta ou articulação onde o movimento é percebido. Nesse caso o acoplamento entre a junta e o motor pode até ser feita sem mecanismos intermediários (engrenagens ou correias).
- **Acionamento indireto** – Nesse caso, os servomotores/atuadores ficam localizados geralmente próximos à base do robô e o movimento é transmitido por meio de correias ou sistemas de engrenagens. A vantagem desse tipo de acionamento é que o braço mecânico fica mais leve, porém é mais suscetível ao efeito das folgas e não aproveita totalmente a potência dos servos.

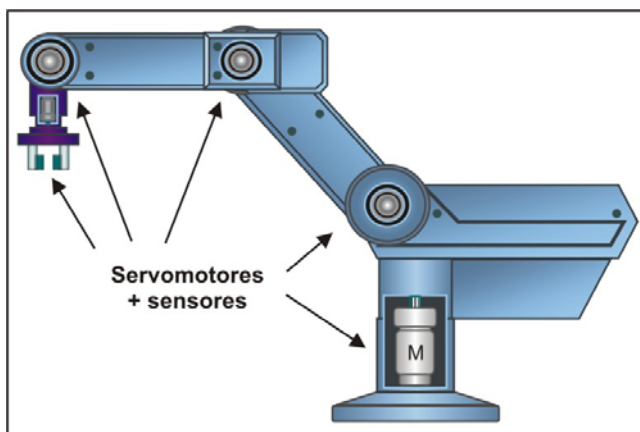


Fig. 3 – Exemplo de acionamento direto por servomotores.

## Sensoriamento

Para que o robô possa encontrar uma determinada posição no espaço ou corrigir sua trajetória ao longo de um movimento e até mesmo detectar um obstáculo, ele precisa de realimentação constante de variáveis como velocidade, deslocamento angular, deslocamento linear, força, etc.

Tais grandezas são obtidas por meio de sensores especializados instalados em pontos-chave do braço mecânico, depois o sinal correspondente é injetado no controlador onde uma série de circuitos e algoritmos realiza os cálculos necessários para corrigir o posicionamento do robô.

Existem vários tipos de sensores para as mais variadas aplicações, mas, no caso do servoposicionamento, os mais usados são o *encoder* (digital) e o *resolver* (analógico), que convertem os deslocamentos das juntas do robô em pulsos para que o controlador possa calcular a posição da garra.



Fig. 4 – Encoders rotativos.

O princípio de funcionamento dos *encoders* é relativamente simples: um conjunto fototransmissor e receptor é montado sobre as faces de um disco de vidro ranhurado, que ao girar interrompe a luz no conjunto transmissor/receptor, produzindo assim um trem de pulsos que pode ser usado para calcular a velocidade e o posicionamento do eixo onde está acoplado.

A estrutura básica de um *encoder* é formada por quatro partes:

- Fonte de luz.
- Disco rotativo.
- Máscara estacionária.
- Sensor.

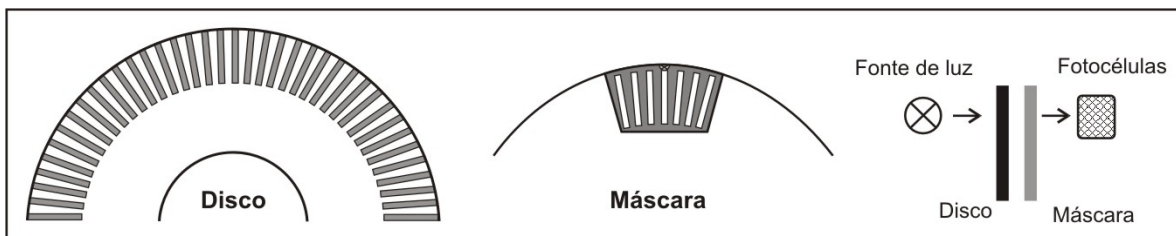


Fig. 5 – Estrutura de um *encoder*.

O disco possui regiões opacas e regiões transparentes alternadas.

A figura a seguir mostra as formas de onda de um *encoder* incremental monocanal.

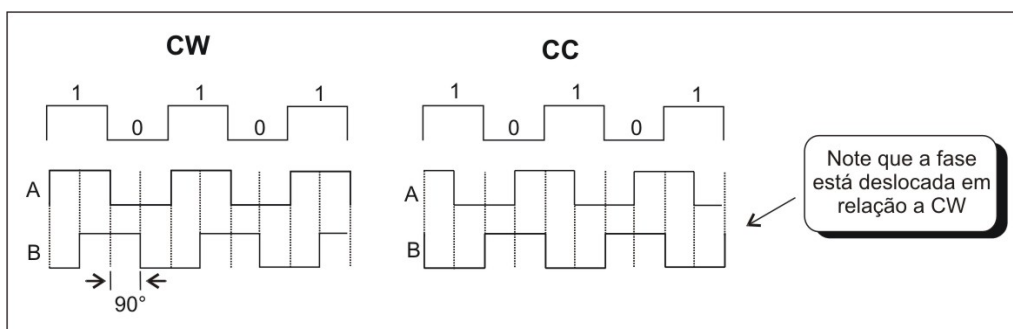


Fig. 6 – Saída gerada por um *encoder* CW – *ClockWise* e CC – *CounterClockWise*.

## Observações

- a) A forma de onda típica de um contador de pulsos monocanal é retangular.
- b) Sinais em quadratura de um CP dual, ou seja, possibilidade de identificação do sentido de deslocamento (esquerda ou direita). Para a medida do sentido de deslocamento e/ou outras funções é necessário um codificador de canal dual com dois conjuntos de pulsos de saídas defasadas de  $90^{\circ}$ ; os dois sinais são ditos em quadratura; esses sinais definem unicamente as transições lógicas de “0” para “1”.

## Controlador

O controlador do robô é um tipo especial de CPU que recebe os dados provenientes dos sensores e calcula a trajetória da garra, em seguida gera os sinais adequados para ativar o acionamento dos eixos. É também responsável pela interpretação dos programas inseridos na memória para descrever o comportamento do robô.

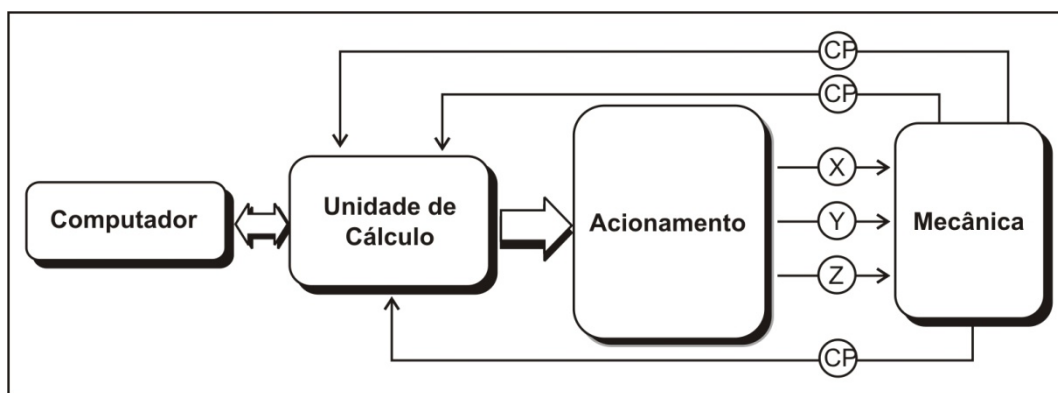


Fig. 7 – Arquitetura básica de um controlador.

Seu principal elemento é a Unidade de Cálculo que realiza o processo de interpolação para garantir a suavidade da trajetória da garra.



## Décima Primeira Aula



Essa aula destina-se à visita técnica ao ambiente da fábrica, para familiarização com aplicação de robôs. O objetivo é identificar os conceitos teóricos estudados aplicados em uma situação real de produção.



### Passo 1 / Orientação



10 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de identificar e caracterizar pelo menos duas aplicações com robôs. Para preparar essa atividade, oriente-os sobre os procedimentos de segurança a fim de circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles se vistam adequadamente.

É importante que os jovens observem e anotem:

- especificações técnicas
- tipo de robô
- tipo de atuador
- graus de liberdade
- envelope de trabalho
- velocidade máxima



### Passo 2 / Visita técnica e pesquisa



40 min

Durante a visita, um profissional da área de automação apresentará alguns tipos de robôs, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem uma boa pesquisa.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso a turma não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os robôs apresentados para elaborarem uma boa pesquisa e consequentemente fazerem uma boa apresentação.



## Décima Segunda Aula

Nessa aula os jovens irão se organizar em grupos para a elaboração de um painel sobre automação e suas implicações. O objetivo é consolidar os conhecimentos adquiridos e complementar a visão das diversas tecnologias abordadas por meio do estudo de casos.



### Passo 1 / Organização e orientação da turma



10 min

#### Automação e suas implicações

A partir das informações obtidas nas aulas anteriores, na visita técnica e na pesquisa, a turma deverá ser dividida em cinco grupos para a elaboração de um painel que contenha informações sobre a automação de um processo e suas implicações.

Cada grupo deverá escolher uma área para definir seu processo, dentre:

- industrial (com exceção da automobilística)
- residencial
- comercial
- transportes
- automobilística

O painel deverá apresentar as seguintes informações:

- Descrição do processo sem automação.
- Diagrama de blocos do processo automatizado.
- Vantagens e desvantagens da automação.

**Educador**, para a confecção do painel, os jovens poderão utilizar folhas de *flip chart*, papel pardo, versos de folhas de rascunho ou de papel reciclado unidos por fitas adesivas. Pincéis atômicos de diversas cores permitem melhor visualização.

Informe os jovens de que a aula seguinte será destinada à apresentação e à discussão dos painéis, e combine com os grupos a ordem e o tempo de apresentação. Diga-lhes que, caso a tarefa não tenha sido terminada até o fim da aula, eles deverão completá-la fora da sala de aula.



## Passo 2 / Elaboração do painel



40 min

Deixe que os jovens trabalhem livremente nos grupos, mas acompanhe a tarefa para orientá-los sobre os processos escolhidos e a possibilidade de automação. Além disso, auxilie-os com informações sobre os processos desconhecidos por eles, estimulando-os a identificarem a lógica de automação adequada ao processo que eles definiram.

## Décima Terceira Aula



Essa aula será usada para a apresentação e discussão dos relatórios e permitirá ao educador avaliar a aprendizagem dos jovens. É importante que os jovens troquem informações e compartilhem pontos de vistas sobre as experiências adquiridas.



## Passo 1 / Apresentação do painel



40 min

Coloque os grupos para se apresentarem na ordem e no tempo combinados. Decida se os demais grupos poderão fazer perguntas ao longo ou no fim da exposição e comunique isso à turma.



Caso seja possível, convide alguém da área de automação para assistir à apresentação e fazer comentários no fim dela.



## Passo 2 / Conclusões



10 min

Discuta com os jovens as principais dificuldades e facilidades que poderão encontrar na execução das tarefas relativas à automação. Se houver um convidado, permita que ele comente as estratégias de automação indicadas pelos jovens.



## Décima Quarta Aula

Nessa aula será realizada a avaliação teórica referente ao capítulo 2.



## Passo 1 / Avaliação



50 min

**Educador**, providencie cópias da prova para todos os jovens. Não se esqueça de marcar a data da prova com antecedência.

PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Manutenção Eletromecânica

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

## Avaliação Teórica 2

1 Descreva com suas palavras o que é automação.

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

2 Enumere algumas vantagens da automação de um processo.

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

3 Defina:

a) Sensores .....

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

b) Controlador .....

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

c) Atuadores .....

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

4 Quais os três princípios básicos da automação? Descreva resumidamente cada um deles.

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

5 Complete as tabelas com 0 ou 1.

E:

Entrada		Saída
A	B	S
0	1	
1	1	
1	0	
0	0	

NÃO E:

Entrada		Saída
A	B	S
1	1	
0	1	
1	0	
0	0	


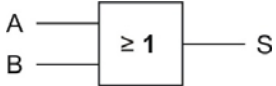
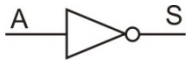

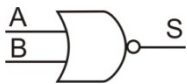
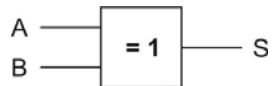
OU:

Entrada		Saída
A	B	S
0	1	
0	0	
1	1	
1	0	

NÃO OU:

Entrada		Saída
A	B	S
1	0	
0	1	
0	0	
1	1	

6 Complete a tabela a seguir desenhando a simbologia das portas lógicas faltantes:

	Simbologia no Brasil	Simbologia nos Estados Unidos
Porta E		
Porta OU		
Porta NÃO		
Porta NÃO E		
Porta NÃO OU		
Porta OU EXCLUSIVO		

7 Dadas as expressões abaixo, desenhe o circuito lógico resultante.

a)  $S = (A + B + C) \cdot (A + C)$

b)  $S = (A \cdot B) \oplus (\bar{A} \cdot C)$

c)  $S = \overline{A \cdot (B + C)}$

8 Para que servem os *softwares* do tipo CAD?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



9 Com relação às ferramentas CAM, responda:

a) O que elas fazem?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Qual a função do pós-processador?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10 Qual a diferença entre CIM e FMS?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11 Com relação às máquinas CNC, responda:

a) O que é um comando numérico computadorizado?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Cite três aplicações (tipos) de máquinas CNC.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**c)** Que partes compõem a arquitetura de uma máquina CNC genérica?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12 Com relação aos robôs industriais, responda:

**a)** O que são graus de liberdade e o que eles definem?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**b)** Defina precisão, repetibilidade e volume de trabalho.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c) Qual a principal diferença entre um robô cartesiano e um robô articulado vertical em termos de volume de trabalho?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 3 Sistemas de Funcionamento Eletroeletrônico CA e CC

Serão apresentados fundamentos de eletroeletrônica. Os jovens conhecerão as principais grandezas e conceitos da eletroeletrônica como tensão, corrente e resistência, assim como entenderão a relação entre elas e a importância dessas no mundo da automação. Além disso, aprenderão a identificar circuitos elétricos, suas principais partes e seus componentes. Conhecerão mais a fundo a automação e a aplicação dos CLPs em processos de produção.

### Objetivos

- Entender o conceito de tensão, corrente e resistência.
- Aplicar a lei de Ohm.
- Definir potência elétrica.
- Efetuar medidas elétricas com multímetro.
- Entender como é produzida a energia elétrica.
- Conhecer as propriedades do aterramento e as normas de segurança.
- Identificar componentes em máquinas e diagramas.
- Conceituar o CLP.
- Aplicar CLP à automação.
- Entender a estrutura de programação dos CLPs.



# Primeira Aula



O princípio de funcionamento de todos os dispositivos eletrônicos está fundamentado em duas grandezas físicas principais: a tensão e a corrente elétrica. Por meio do controle destas duas grandezas, obtém-se vários efeitos práticos distintos.

Nessa aula serão apresentados os conceitos das principais grandezas da eletroeletrônica: corrente e tensão elétrica. Os jovens entenderão o conceito dessas grandezas e suas principais características.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Corrente elétrica

Corrente elétrica é definida como o fluxo de elétrons através de um condutor elétrico.

Se houver elétrons em movimento em um condutor, geralmente metálico, haverá corrente elétrica.

O símbolo utilizado para representar a intensidade da corrente elétrica é o  $I$ , que vem do alemão *Intensität*.

A corrente elétrica também pode ser definida como a quantidade de cargas  $Q$  que fluem de um local ao outro em um determinado tempo  $t$ .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Informalmente, a intensidade da corrente elétrica é chamada de amperagem, embora muitos engenheiros repudiem a utilização desse termo.

A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o *ampère*, representado pela letra  $A$  maiúscula. Seu nome vem da homenagem a André-Marie Ampère. O plural de *ampère* é *ampères*.

Para que a corrente elétrica exista em um circuito elétrico deve-se partir do princípio que esse circuito tenha um caminho contínuo, isto é, que seja um circuito fechado.

Em um circuito aberto não há como ocorrer fluxo de elétrons, conseqüentemente não há corrente elétrica.

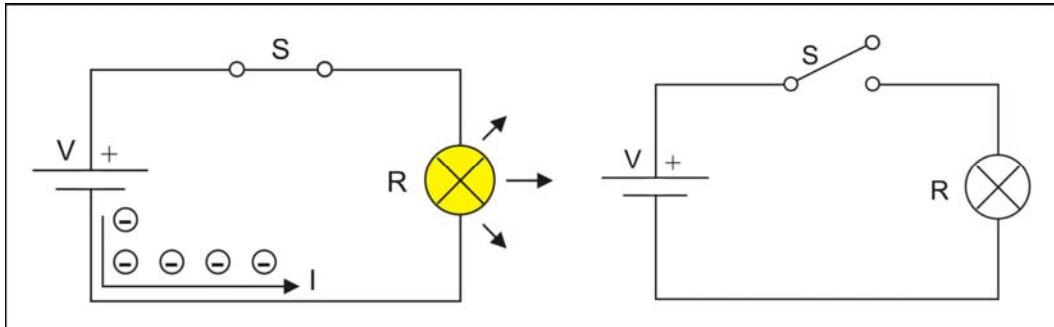


Fig. 1 – Circuito elétrico fechado e circuito elétrico aberto.

## Corrente convencional

No início dos estudos da ciência da eletricidade, a corrente convencional foi definida como o fluxo de cargas positivas (prótons). Em muitos casos as cargas positivas são imóveis, como, por exemplo, nos condutores metálicos. Apenas as cargas negativas (elétrons) fluem pelo condutor. Em outros casos existe o fluxo de ambas as cargas, como no caso da eletrólise (reação química), mas para facilitar o entendimento, definiu-se que o sentido da corrente elétrica obedeceria à definição inicial do sentido convencional da corrente, ou seja, do polo positivo para o polo negativo.

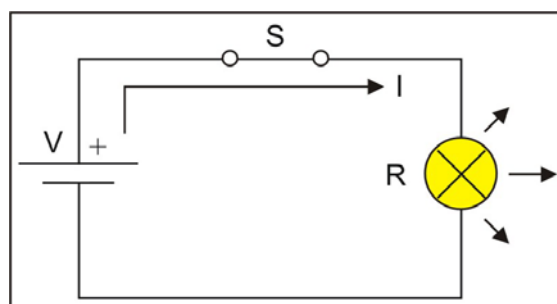


Fig. 2 – Sentido convencional da corrente.



Esse conceito é de extrema importância para qualquer análise de circuito elétrico. É importante reforçar com os jovens que os elétrons é que se movimentam em um condutor elétrico metálico, mas que o sentido estabelecido como convencional é contrário ao real. Para efeitos práticos, tal diferença é, na maioria das vezes, irrelevante.



## Tensão elétrica

Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. É também conhecida como ddp (diferença de potencial). O símbolo utilizado para representar a tensão elétrica é o  $V$ . A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o *volt*, representado pela letra  $V$  maiúscula, como forma de homenagear o físico italiano Alessandro Volta.

Para ilustrar o que é a tensão elétrica, vamos fazer um comparativo com um sistema hidráulico.

Quanto maior a diferença de nível entre duas caixas-d'água, maior será o fluxo de água entre elas, uma vez que estejam interligadas. O fluxo de água pode ser comparado ao fluxo de elétrons (corrente elétrica) e a resistência ao fluxo determinado pela espessura do cano, ou uma válvula de controle pode ser comparada à resistência elétrica. A intensidade do fluxo será determinada pela resistência, mas também pela diferença de níveis (ddp). Quanto maior a diferença de nível, mais forte será o fluxo de água.

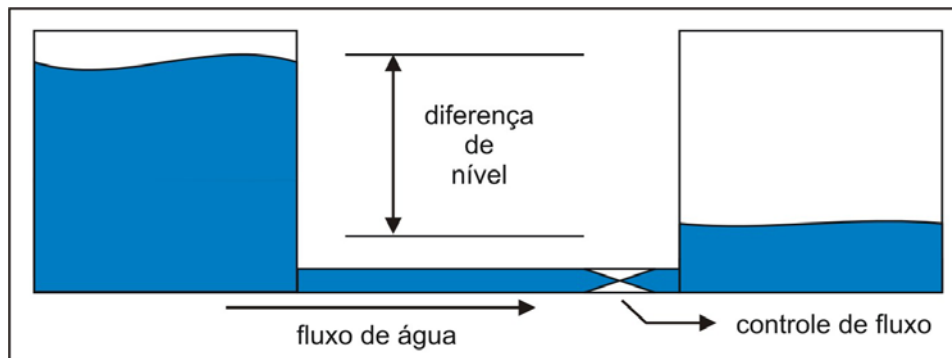


Fig. 3 – Sistema hidráulico (analogia com um circuito elétrico).

### Onde:

Diferença de nível = diferença de potencial elétrico (tensão)

Fluxo de água = fluxo de elétrons (corrente elétrica)

Controle de fluxo = resistência elétrica

## Corrente Alternada (CA) e Corrente Contínua (CC)

Dependendo do tipo de gerador usado para produzir a eletricidade, podemos obter dois tipos distintos de corrente elétrica: alternada e contínua.



O vídeo a seguir demonstra de forma muito clara a diferença em ter os dois tipos de corrente:

<http://www.youtube.com/watch?v=2bqLbZIOf98>

Para mais vídeos como esse, acesse o *link*: <http://www.youtube.com/user/fisicavideo>

Geradores químicos como pilhas e baterias, ou mecânicos como o dínamo, produzem corrente contínua, ou seja, uma corrente que flui sempre na mesma direção.

Quando o gerador produz uma tensão elétrica que muda de polaridade o tempo todo, a corrente gerada será uma corrente alternada, fazendo com que os elétrons fluam ora numa direção, ora noutra, repetindo o ciclo diversas vezes por segundo.

A corrente contínua permite armazenar energia com mais facilidade em baterias recarregáveis enquanto que a corrente alternada permite transmitir energia por longas distâncias até o consumidor final. As fontes de alimentação convertem corrente alternada em corrente contínua para alimentarem circuitos eletrônicos.

Mais detalhes sobre corrente alternada e contínua serão vistos na 5ª aula.

Algumas ordens de grandeza da tensão elétrica:

Potência	Valor	Descrição (com valor exato)
$10^{-1}$	100mV	VBE em transistores de silício (700mV)
$10^0$	1V	Pilha AA (1,5V)
$10^1$	10V	Bateria de carro (12V)
$10^2$	100V	Tomada residencial (110V ou 220V)
$10^3$	1kV	Tensão de transformadores (6kV)
$10^4$	10kV	Rede de distribuição (13,8kV)
$10^5$	100kV	Linha de transmissão (138kV, 750kV)
$10^6$	1MV	Linhas de transmissão experimentais
$10^7$	10MV	Descargas atmosféricas

Tabela 1 – Ordens de grandeza da tensão elétrica.



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre o tema. Para ilustrar melhor os conceitos acima, sugere-se:

<http://www.youtube.com/watch?v=MKmvAjm3YJ4> Carga e corrente elétrica – Parte 1

[http://www.youtube.com/watch?v=RH6B44\\_2KJg](http://www.youtube.com/watch?v=RH6B44_2KJg) Carga e corrente elétrica – Parte 2



## Corrente elétrica

Corrente elétrica é definida como o fluxo de elétrons através de um condutor elétrico.

Se houver elétrons em movimento em um condutor, geralmente metálico, haverá corrente elétrica.

O símbolo utilizado para representar a intensidade da corrente elétrica é o  $I$ , que vem do alemão *Intensität*.

A corrente elétrica também pode ser definida como a quantidade de cargas  $Q$  que fluem de um local ao outro em um determinado tempo  $t$ .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Informalmente, a intensidade da corrente elétrica é chamada de amperagem, embora muitos engenheiros repudiem a utilização desse termo.

A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o *ampère*, representado pela letra  $A$  maiúscula. Seu nome vem da homenagem a André-Marie Ampère. O plural de *ampère* é *ampères*.

Para que a corrente elétrica exista em um circuito elétrico deve-se partir do princípio que esse circuito tenha um caminho contínuo, isto é, que seja um circuito fechado.

Em um circuito aberto não há como ocorrer fluxo de elétrons, conseqüentemente não há corrente elétrica.

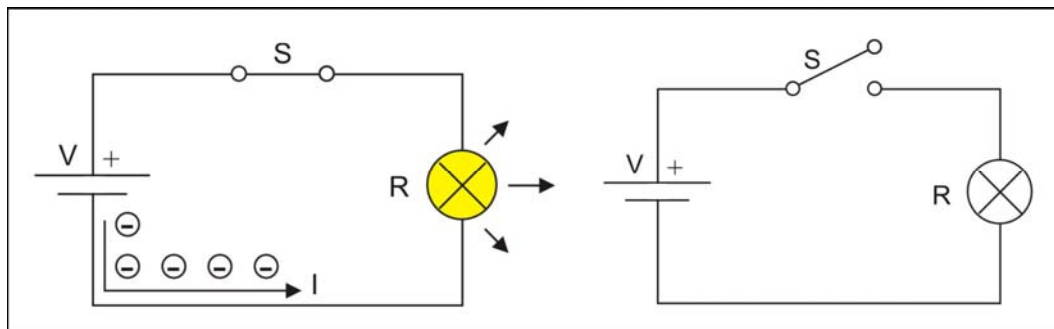


Fig. 1 – Circuito elétrico fechado e circuito elétrico aberto.

## Corrente convencional

No início dos estudos da ciência da eletricidade, a corrente convencional foi definida como o fluxo de cargas positivas (prótons). Em muitos casos as cargas positivas são imóveis, como, por exemplo, nos condutores metálicos. Apenas as cargas negativas (elétrons) fluem pelo condutor. Em outros casos existe o fluxo de ambas as cargas, como no caso da eletrólise (reação química), mas para facilitar o entendimento, definiu-se que o sentido da corrente elétrica obedeceria à definição inicial do sentido convencional da corrente, ou seja, do polo positivo para o polo negativo.

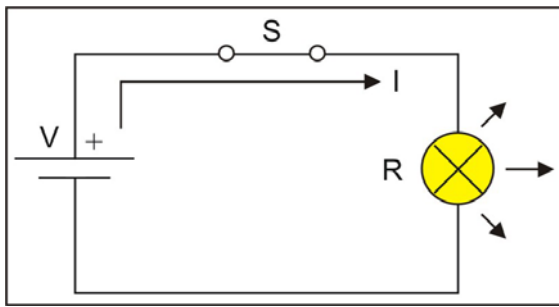


Fig. 2 – Sentido convencional da corrente.

## Tensão elétrica

Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. É também conhecida como ddp (diferença de potencial). O símbolo utilizado para representar a tensão elétrica é o  $V$ . A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o *volt*, representado pela letra  $V$  maiúscula, como forma de homenagear o físico italiano Alessandro Volta.

Para ilustrar o que é a tensão elétrica, vamos fazer um comparativo com um sistema hidráulico.

Quanto maior a diferença de nível entre duas caixas-d'água, maior será o fluxo de água entre elas, uma vez que estejam interligadas. O fluxo de água pode ser comparado ao fluxo de elétrons (corrente elétrica) e a resistência ao fluxo determinado pela espessura do cano, ou uma válvula de controle pode ser comparada à resistência elétrica. A intensidade do fluxo será determinada pela resistência, mas também pela diferença de níveis (ddp). Quanto maior a diferença de nível, mais forte será o fluxo de água.

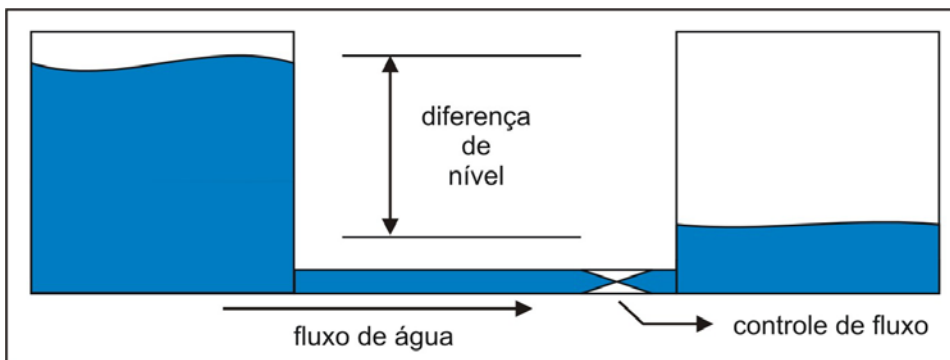


Fig. 3 – Sistema hidráulico (analogia com um circuito elétrico).

Onde:

Diferença de nível = diferença de potencial elétrico (tensão)

Fluxo de água = fluxo de elétrons (corrente elétrica)

Controle de fluxo = resistência elétrica

## Corrente Alternada (CA) e Corrente Contínua (CC)

Dependendo do tipo de gerador usado para produzir a eletricidade, podemos obter dois tipos distintos de corrente elétrica: alternada e contínua.

Geradores químicos como pilhas e baterias, ou mecânicos como o dínamo, produzem corrente contínua, ou seja, uma corrente que flui sempre na mesma direção.

Quando o gerador produz uma tensão elétrica que muda de polaridade o tempo todo, a corrente gerada será uma corrente alternada, fazendo com que os elétrons fluam ora numa direção, ora noutra, repetindo o ciclo diversas vezes por segundo.

A corrente contínua permite armazenar energia com mais facilidade em baterias recarregáveis enquanto que a corrente alternada permite transmitir energia por longas distâncias até o consumidor final. As fontes de alimentação convertem corrente alternada em corrente contínua para alimentarem circuitos eletrônicos.

Mais detalhes sobre corrente alternada e contínua serão vistos na 5ª aula.

Algumas ordens de grandeza da tensão elétrica:

Potência	Valor	Descrição (com valor exato)
$10^{-1}$	100mV	VBE em transistores de silício (700mV)
$10^0$	1V	Pilha AA (1,5V)
$10^1$	10V	Bateria de carro (12V)
$10^2$	100V	Tomada residencial (110V ou 220V)
$10^3$	1kV	Tensão de transformadores (6kV)
$10^4$	10kV	Rede de distribuição (13,8kV)
$10^5$	100kV	Linha de transmissão (138kV, 750kV)
$10^6$	1MV	Linhas de transmissão experimentais
$10^7$	10MV	Descargas atmosféricas

Tabela 1 – Ordens de grandeza da tensão elétrica.



# Segunda Aula



Nessa aula serão aplicados os conceitos das principais grandezas estudadas na aula anterior por meio do estudo da resistência. O conceito de resistência será reforçado pelo estudo da resistividade dos materiais e da identificação dos resistores, por meio do código de cores.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Resistência elétrica

Resistência elétrica é a oposição ao fluxo de elétrons ou, ainda, a oposição de um material à passagem de corrente elétrica. O símbolo utilizado para representar a resistência elétrica é o **R**.

A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é denominada *ohms* e é representada pela letra grega *ômega* ( $\Omega$ ).

Quando se aplica uma corrente elétrica em um condutor elétrico, um número muito grande de elétrons passa a se deslocar ordenadamente (em um sentido). Nesse deslocamento eles encontram certa dificuldade de se propagar pelo material por causa da colisão com outras partículas e pela influência das forças de atração. Essa resistência ao seu deslocamento é denominada resistência elétrica.

Alguns fatores que influenciam o valor da resistência de um condutor:

- 1 O material de que o condutor é constituído.
- 2 A espessura (secção) do condutor. Quanto mais fino, maior sua resistência.
- 3 O comprimento do condutor. Quanto mais comprido, maior sua resistência.



Uma forma simples de demonstrar os efeitos da resistência sobre a intensidade de corrente é montando um circuito composto por bateria, lâmpada (ou LED preferencialmente) e resistores diversos que podem ser colocados em série para aumentar a resistência, simulando assim o comprimento, ou em paralelo para simular a espessura.

## Resistor

Resistor é um componente elétrico muito utilizado em eletrônica, com a finalidade de controlar a passagem de corrente elétrica. Para isso ele transforma a energia elétrica em energia térmica (calor). Essa transformação de energia recebe o nome de *efeito Joule*.

Existem resistores de diversos tamanhos e materiais, mas os mais comuns são os de carbono. Estes têm um código de cores impresso em seu corpo para facilmente ser identificado o seu valor.

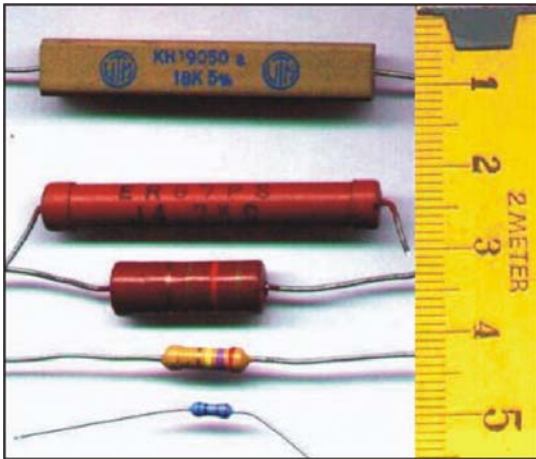


Fig. 4 – Alguns tipos de resistores.

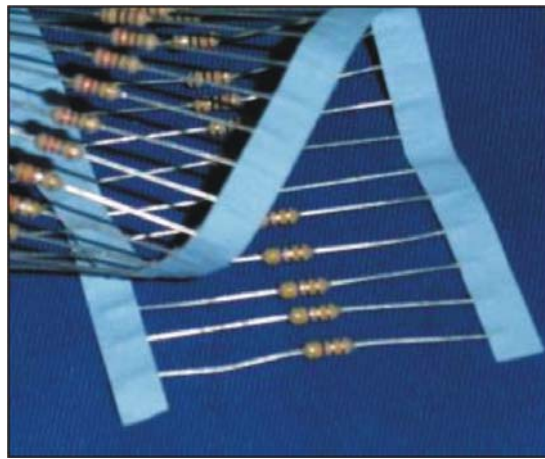


Fig. 5 – Fita de resistores de carbono.

O resistor ideal teria o seu valor constante, independentemente da corrente aplicada, mas a variação de temperatura (decorrente da variação de corrente) pode afetar a sua resistência. Esse fator é chamado de tolerância, e é determinado também no código de cores.

**Educador**, se possível, distribua resistores diversos aos jovens e peça que identifiquem os seus valores nominais com base no código de cores explicado a seguir. É interessante, também, comparar os valores nominais com os medidos por um multímetro e verificar se estão de acordo com a tolerância indicada no código.

A seguir a tabela com a identificação das cores e seus valores:



Cor	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	$\times 10^0$	
Marrom	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1\%$
Cinza	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0,05\%$
Branco	9	9	9	$\times 10^9$	
Ouro				$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Prata				$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Sem Cor					$\pm 20\%$

Tabela 2 – Código de cores para leitura de valor de resistência.

Existem resistores de quatro e cinco faixas. A tabela acima pode ser usada para as duas leituras. A diferença está na leitura dos resistores de cinco faixas, onde a quarta faixa é idêntica às três primeiras e a última faixa sempre será interpretada como a tolerância. Os resistores de cinco faixas são mais utilizados para valores mais precisos, onde a quinta faixa tem normalmente as cores marrom, vermelho, verde, azul, violeta ou cinza.

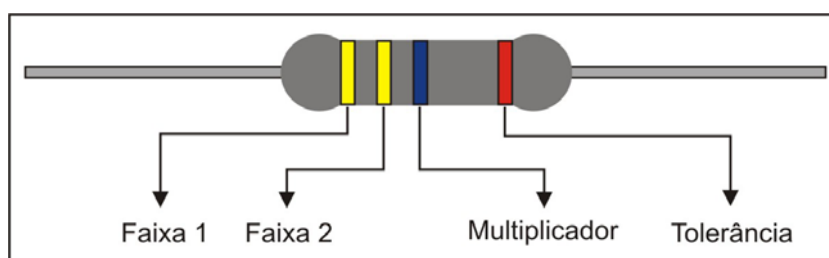


Fig. 6 – Resistor de quatro faixas.

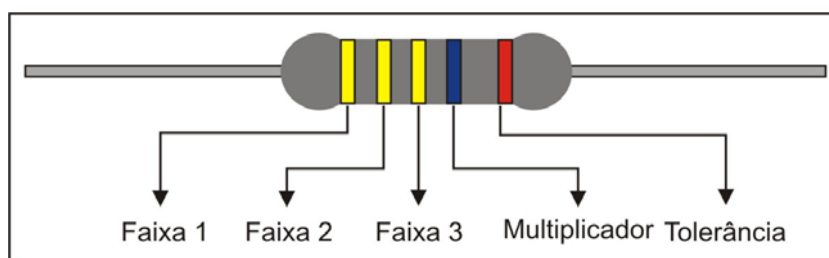


Fig. 7 – Resistor de cinco faixas.

Além dos resistores de carbono, há os chamados potenciômetros ou reostatos. São resistores cuja resistência pode ser variada de forma manual/mecânica. O controle de volume do rádio é um exemplo de aplicação de resistores variáveis.

## Resistividade

A resistividade dos materiais é a característica que torna possível a construção de componentes como o resistor. Resistividade é a característica física de um tipo de material que determina a sua resistência por natureza, ou seja, a dificuldade que os elétrons têm de se propagar por esse tipo de material. Os metais têm menor resistência do que os isolantes, como a madeira, por exemplo. Dentre os metais, o ouro é um dos melhores condutores, por possuir uma baixíssima resistividade.

A resistência de um componente pode ser calculada pelas suas características físicas de resistividade, comprimento e espessura (secção).

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde:

**R** = Resistência

$\rho$  = Resistividade do material

**L** = Comprimento

**A** = Secção transversal



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre o tema. Para ilustrar melhor os conceitos acima, sugere-se:

<http://www.youtube.com/watch?v=tmUU1b3KWNw> Leis de Ohm e resistores – Parte 1

<http://www.youtube.com/watch?v=5xGH1i2ke8k> Leis de Ohm e resistores – Parte 2



## Resistência elétrica

Resistência elétrica é a oposição ao fluxo de elétrons ou, ainda, a oposição de um material à passagem de corrente elétrica. O símbolo utilizado para representar a resistência elétrica é o **R**.

A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é denominada *ohms* e é representada pela letra grega *ômega* ( $\Omega$ ).

Quando se aplica uma corrente elétrica em um condutor elétrico, um número muito grande de elétrons passa a se deslocar ordenadamente (em um sentido). Nesse deslocamento eles encontram certa dificuldade de se propagar pelo material por causa da colisão com outras partículas e pela influência das forças de atração. Essa resistência ao seu deslocamento é denominada resistência elétrica.

Alguns fatores que influenciam o valor da resistência de um condutor:

- 1 O material de que o condutor é constituído.
- 2 A espessura (secção) do condutor. Quanto mais fino, maior sua resistência.
- 3 O comprimento do condutor. Quanto mais comprido, maior sua resistência.

## Resistor

Resistor é um componente elétrico muito utilizado em eletrônica, com a finalidade de controlar a passagem de corrente elétrica. Para isso ele transforma a energia elétrica em energia térmica (calor). Essa transformação de energia recebe o nome de *efeito Joule*.

Existem resistores de diversos tamanhos e materiais, mas os mais comuns são os de carbono. Estes têm um código de cores impresso em seu corpo para facilmente ser identificado o seu valor.

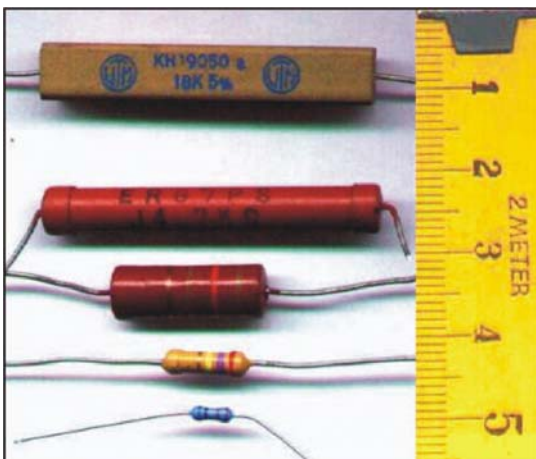


Fig. 1 – Alguns tipos de resistores.

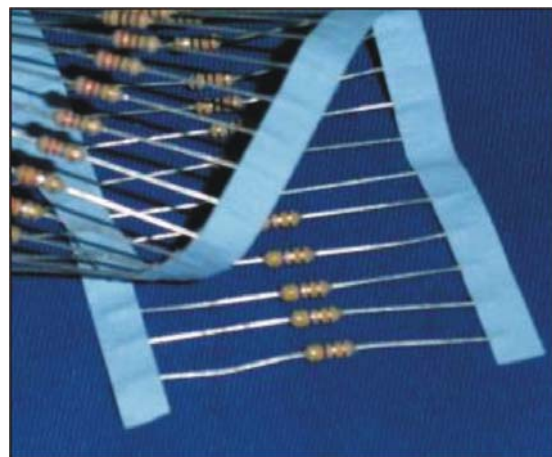


Fig. 2 – Fita de resistores de carbono.

O resistor ideal teria o seu valor constante, independentemente da corrente aplicada, mas a variação de temperatura (decorrente da variação de corrente) pode afetar a sua resistência. Esse fator é chamado de tolerância, e é determinado também no código de cores.

A seguir a tabela com a identificação das cores e seus valores:

Cor	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	$\times 10^0$	
Marrom	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1\%$
Cinza	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0,05\%$
Branco	9	9	9	$\times 10^9$	
Ouro				$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Prata				$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Sem Cor					$\pm 20\%$

Tabela 1 – Código de cores para leitura de valor de resistência.

Existem resistores de quatro e cinco faixas. A tabela acima pode ser usada para as duas leituras. A diferença está na leitura dos resistores de cinco faixas, onde a quarta faixa é idêntica às três primeiras e a última faixa sempre será interpretada como a tolerância. Os resistores de cinco faixas são mais utilizados para valores mais precisos, onde a quinta faixa tem normalmente as cores marrom, vermelho, verde, azul, violeta ou cinza.

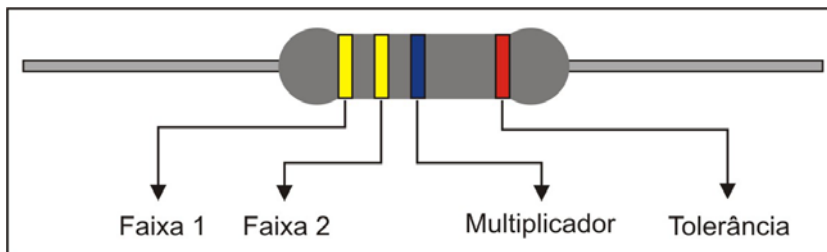


Fig. 3 – Resistor de quatro faixas.

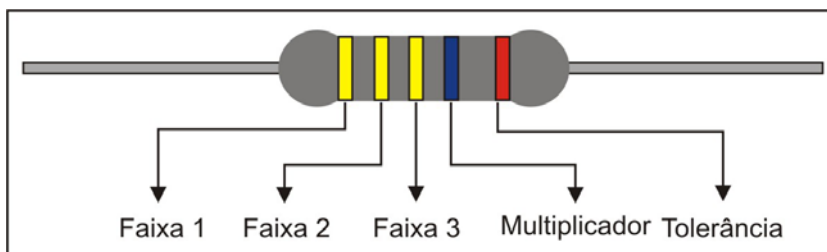


Fig. 4 – Resistor de cinco faixas.

Além dos resistores de carbono, há os chamados potenciômetros ou reostatos. São resistores cuja resistência pode ser variada de forma manual/mecânica. O controle de volume do rádio é um exemplo de aplicação de resistores variáveis.

## Resistividade

A resistividade dos materiais é a característica que torna possível a construção de componentes como o resistor. Resistividade é a característica física de um tipo de material que determina a sua resistência por natureza, ou seja, a dificuldade que os elétrons têm de se propagar por esse tipo de material. Os metais têm menor resistência do que os isolantes, como a madeira, por exemplo. Dentre os metais, o ouro é um dos melhores condutores, por possuir uma baixíssima resistividade.

A resistência de um componente pode ser calculada pelas suas características físicas de resistividade, comprimento e espessura (secção).

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde:

**R** = Resistência

$\rho$  = Resistividade do material

**L** = Comprimento

**A** = Secção transversal



# Terceira Aula



Nessa aula serão concretizados os conceitos das principais grandezas estudadas na aula passada por meio da definição da lei de Ohm. O conhecimento dos jovens será completado com a quarta grandeza relacionada às outras três, a potência elétrica. O conceito de campo elétrico também é de extrema importância para o entendimento do funcionamento dos motores elétricos.



## Passo 1 / Aula teórica



15 min

### Lei de Ohm

Agora que já foram estudadas separadamente as três grandezas mais importantes da eletricidade, será entendida a relação existente entre elas.

Esta simples equação demonstra essa relação, denominada Lei de Ohm, em homenagem ao seu formulador Georg Simon Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Ou

$$I = \frac{V}{R}$$

Ou ainda

$$V = R \times I$$

#### Onde:

V = Tensão elétrica (volts)

R = Resistência elétrica (ohms)

I = Intensidade da corrente elétrica (*ampères*)

Essa lei determina que a diferença de potencial entre dois pontos é diretamente proporcional à corrente que o percorre.

Como normalmente a tensão de uma fonte geradora é fixa, pode-se trabalhar com os valores de resistência para se chegar a uma determinada corrente. Por exemplo:

Se um equipamento estiver ligado a uma tomada de 110V, e a resistência desse equipamento for de 2Ω, haverá uma corrente elétrica de 55A circulando nesse circuito.



Exercício de fixação 1 disponível no fim do caderno.



## Campo elétrico

Campo elétrico é um campo de força provocado por um sistema de cargas (cargas elétricas: prótons, elétrons e íons). Essas cargas elétricas estão sujeitas a uma força quando mergulhadas em um campo elétrico.

Toda vez que uma corrente elétrica circula por um condutor é criado um campo eletromagnético ao redor do condutor.

O sentido e direção desse campo são dados pela “regra da mão direita”.

O dedo polegar assume a direção e o sentido da corrente. A curvatura dos outros dedos determina a direção e o sentido do campo eletromagnético.

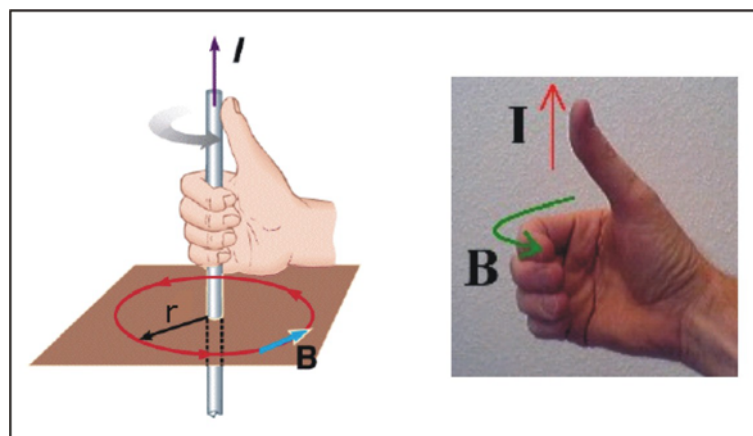


Fig. 8 – Regra da mão direita.



Representando graficamente o sentido do campo ao redor de um condutor, ter-se-á:

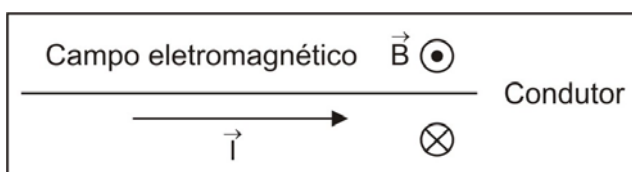


Fig. 9 – Representação gráfica do campo eletromagnético ao redor de um condutor.

Não se tendo como desenhar o campo circular de forma tridimensional, representa-se com um círculo com uma cruz a “entrada do campo no papel” e com um círculo com um ponto a saída desse campo. É como se fosse uma flecha e se avistasse a sua ponta e a sua extremidade.

Essa regra é extremamente importante para se entender posteriormente o funcionamento de motores e outros equipamentos. Além disso, pode-se medir a corrente por meio da medição do campo ao redor de um condutor com um alicate amperímetro, por exemplo.



Fig. 10 – Modelos de alicate amperímetro.

## Potência elétrica

A potência elétrica é a quarta grandeza mais importante da eletroeletrônica. Ela define a quantidade de trabalho que pode ser realizada por um dispositivo, dependendo da corrente e tensão aplicadas.

Cada equipamento tem uma potência de trabalho determinada em watts ( $W$  no sistema internacional). A potência elétrica é representada pela letra  $P$ , e a sua relação com a corrente e tensão é descrita a seguir:

$$P = V \times I$$

Como a potência de um equipamento normalmente é fixa (partindo do princípio de sua construção), pode-se, facilmente, calcular a tensão ou a corrente caso seja conhecida uma das outras duas grandezas.

$$I = \frac{P}{V}$$

Ou,

$$V = \frac{P}{I}$$

Por substituição algébrica pode-se chegar a outras formas de se obter a potência de um circuito:

$$P = I^2 \times R$$

Ou ainda,

$$P = \frac{V^2}{R}$$



## Passo 4 / Exercícios



10 min



Exercício de fixação 2 disponível no fim do caderno.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma atividade prática que demandará alguns componentes. Providencie o material com antecedência de modo a evitar atrasos no andamento da aula. Verifique a lista de componentes necessária, no Passo 1 da próxima aula.

## Quarta Aula



Nessa aula serão apresentadas na prática as grandezas anteriormente estudadas pelos jovens. Dessa forma, eles poderão visualizar em um circuito a relação entre tensão, corrente, resistência e potência elétricas, familiarizando-se com elas e com as principais partes de um circuito.



### Passo 1 / Atividade prática - Preparação



15 min

Disponibilize aos jovens os seguintes componentes para a montagem do circuito:

- Duas pilhas AA – 1,5V
- Suporte para duas pilhas
- Resistores diversos de baixo valor ôhmico
- Pedacos de fios
- Lâmpada de 6V
- Soquete para a lâmpada
- Chave (interruptor)
- Alicates de corte
- *Proto-board*

Os jovens deverão montar o circuito descrito a seguir:

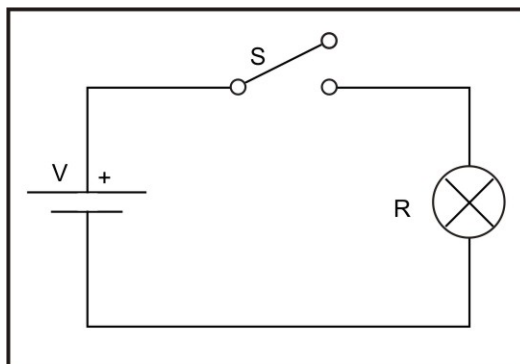


Fig. 11 – Circuito elétrico: pilha, condutor, chave e lâmpada.

**Educador**, acompanhe a montagem dos circuitos pelos jovens e oriente-os sobre a melhor maneira de utilizar o *proto-board*.



Neste *link* há uma referência sobre o assunto: <http://www.youtube.com/watch?v=9X7pzgxdH5E>.



## Passo 2 / Atividade prática - Experimento



20 min

Em um circuito composto por pilha, condutor, chave e lâmpada, caracterizar:

- corrente elétrica
- tensão elétrica
- potência elétrica
- resistência elétrica

Os jovens deverão observar o funcionamento do circuito elétrico com a chave aberta e fechada.

Deverão também calcular a resistência da lâmpada, baseando-se na tensão aplicada ao circuito, e a potência da carga (lâmpada), além de calcular a corrente que está circulando no circuito.

Esses cálculos deverão ser apresentados em relatório.



Peça aos jovens que adicionem os resistores ao circuito, entre a lâmpada e a chave interruptora, e verifiquem a variação na luminosidade da lâmpada. Os resistores podem ser combinados em série ou em paralelo. Em ambos os casos, os jovens deverão calcular a resistência equivalente do circuito e medir a ddp sobre cada um dos resistores e também sobre a lâmpada.



## Passo 3 / Atividade prática - Conclusões



15 min

Peça aos jovens para que tomem nota dos fatores observados a respeito do funcionamento do circuito e elaborem um relatório que deverá conter:

- breve introdução teórica;
- desenvolvimento das atividades (descrição dos passos e ilustrações);
- cálculos realizados;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

Os jovens deverão observar o funcionamento do circuito elétrico para várias combinações de resistores e registrar suas impressões.

A conclusão do relatório deverá conter comentários detalhados sobre cada cenário testado.

No desenvolvimento das atividades os jovens deverão registrar:

- equipamentos utilizados;
- testes realizados;
- conclusões sobre o observado;
- materiais e ferramentas utilizados;
- procedimentos executados.

O relatório poderá ser entregue na aula seguinte.

Comente com os jovens sobre as atividades executadas e os resultados que deveriam ser obtidos, incentivando-os a pesquisarem sobre o assunto para elaborarem um relatório com maior qualidade.

## Quinta Aula



Essa aula traz conceitos complementares aos estudados anteriormente pelos jovens. Além de entenderem o que é tensão, corrente e resistência, é importante conhecerem de onde vem essa energia e de que forma ela é gerada. Nessa aula serão abordados os geradores de eletricidade.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Gerador elementar

Gerador é um dispositivo utilizado para a conversão de energia química, térmica, mecânica ou outro tipo de energia em energia elétrica.

Uma espira de fio girando em um campo magnético forma um gerador elementar que é ligado ao circuito externo por meio dos anéis coletores. A força eletromotriz e a corrente de um gerador elementar mudam de direção cada vez que a espira gira 180°. A tensão de saída desse gerador é alternada. Ele é chamado de alternador.

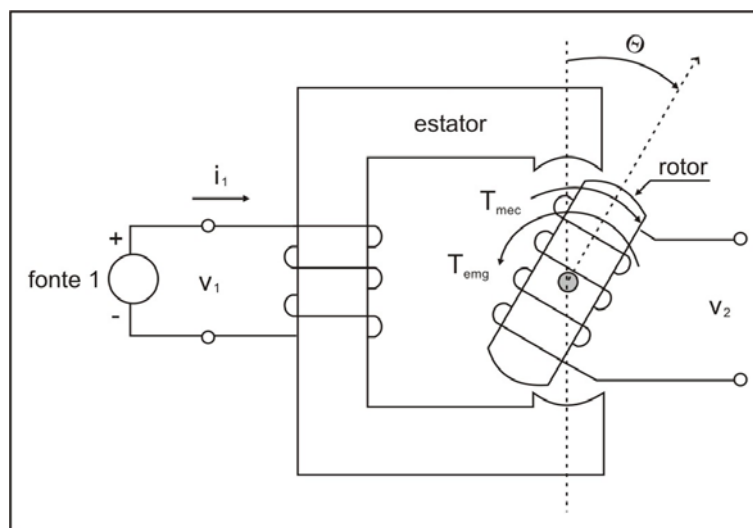


Fig. 12 – Gerador elementar.

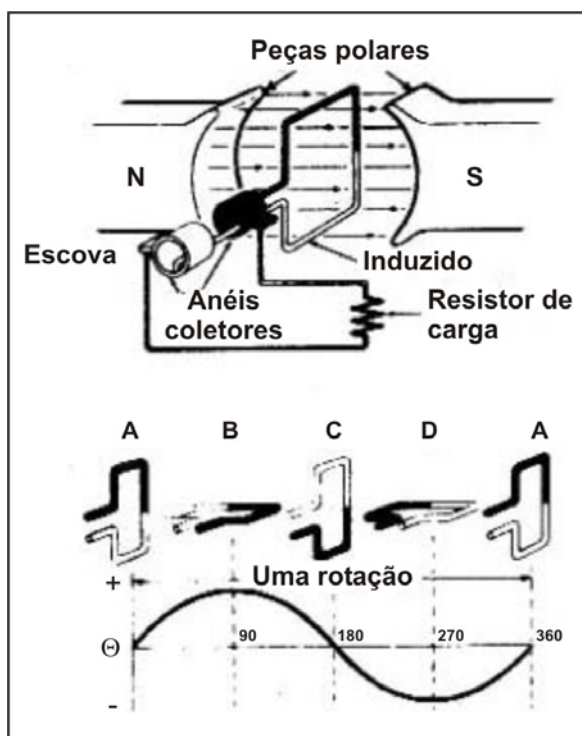


Fig. 13 – Gerador elementar.

## Exemplos de geradores

- **Gerador síncrono (ou alternador)**

Em que a velocidade de giro do rotor está sincronizada com a frequência do sinal que alimenta as bobinas do estator. Esse tipo de gerador pode ser monofásico, caso produza uma única onda senoidal de saída ou trifásico, produzindo três ondas defasadas de  $120^\circ$  entre si. O número de ondas depende da constituição do estator.

- **Gerador assíncrono (ou de indução)**

No gerador assíncrono o rotor não é alimentado por energia externa como no caso do síncrono. Para se produzir o campo magnético do rotor é necessário que ele gire numa velocidade diferente da do campo estator. Desta forma uma corrente é induzida (daí seu nome) no rotor e produz um campo magnético que o faz se comportar como um ímã permanente. Para que esse campo se mantenha, o rotor deve sempre girar a uma velocidade inferior ou superior à do campo estator. Se girar a uma velocidade inferior irá se comportar como um motor assíncrono, mas se girar a uma velocidade superior induzirá de volta no estator uma corrente elétrica, funcionando assim como gerador.

- **Gerador de corrente contínua (dínamo)**

O dínamo é o mais conhecido gerador. É um aparelho que pela indução eletromagnética converte energia mecânica em elétrica. Tem como componentes básicos uma bobina e um ímã.

A energia mecânica do mover de pás expostas ao vento (eólica), ou de pás colocadas no curso de um rio (princípio básico das hidrelétricas), faz o eixo se mover. Nesse eixo tem-se preso um ímã, que alterna seus polos (norte e sul), próximo a uma bobina, que por indução eletromagnética gera corrente alternada.



Os seguintes *links* possuem informações complementares sobre o funcionamento de geradores elétricos:

<http://bagi.sites.uol.com.br/PrincipFuncGerador.htm>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_generator)

E o vídeo a seguir demonstra como funciona um gerador hidrelétrico:

<http://www.youtube.com/watch?v=K6ahOC1CDbY>

**Educador**, peça aos jovens que também pesquisem sobre outros tipos de geradores, como o eólico e o solar, por exemplo.

Para gerar corrente contínua, um anel comutador ou um interruptor mecânico alternam o sentido da corrente produzida, que mesmo sendo gerada de forma alternada, após a comutação do anel, torna-se contínua (unidirecional).

Os motores têm o papel inverso ao dos geradores, transformando energia elétrica em energia mecânica, mas fisicamente seguem os mesmos princípios de construção de um gerador.

Outros exemplos de geradores:

- **Químicos** – São os geradores eletroquímicos, como pilhas e baterias.
- **Fotovoltaicos** – São os geradores fotoelétricos, como as baterias solares.
- **Eletromagnéticos** – É o caso da maior parte dos geradores de grande porte, que precisa de uma rotação em seus eixos para produzir um campo magnético, que gera a corrente elétrica; embora suas origens possam ser mecânicas (dínamos ou alternadores), eólicas (pelo giro de uma hélice), térmicas (usinas termoelétricas e nucleares) ou hidráulicas (usinas hidrelétricas).





## Gerador elementar

Gerador é um dispositivo utilizado para a conversão de energia química, térmica, mecânica ou outro tipo de energia em energia elétrica.

Uma espira de fio girando em um campo magnético forma um gerador elementar que é ligado ao circuito externo por meio dos anéis coletores. A força eletromotriz e a corrente de um gerador elementar mudam de direção cada vez que a espira gira  $180^\circ$ . A tensão de saída desse gerador é alternada. Ele é chamado de alternador.

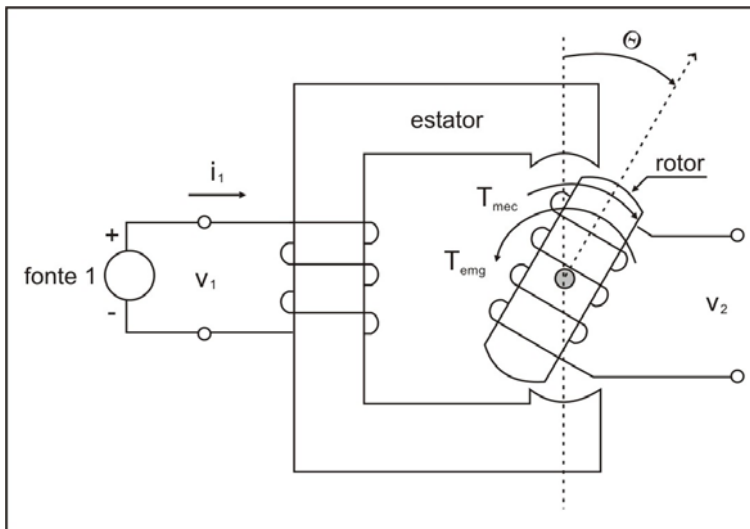


Fig. 1 – Gerador elementar.

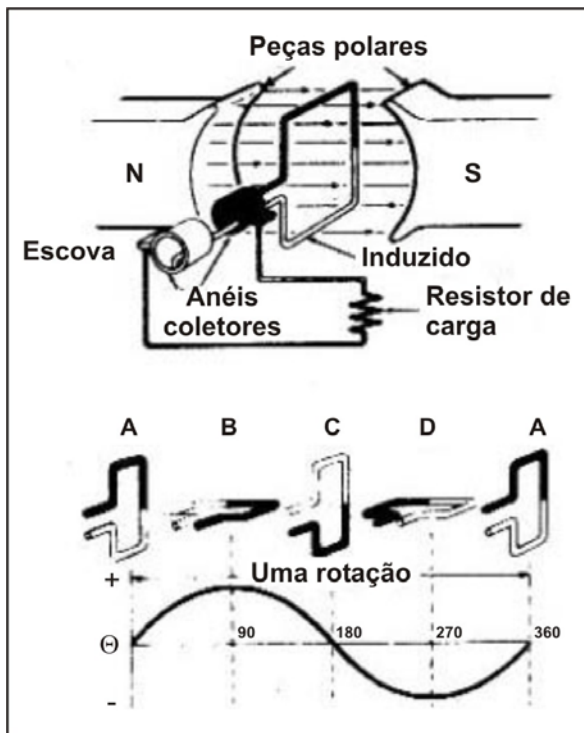


Fig. 2 – Gerador elementar.

## Exemplos de geradores

- **Gerador síncrono (ou alternador)**

Em que a velocidade de giro do rotor está sincronizada com a frequência do sinal que alimenta as bobinas do estator. Esse tipo de gerador pode ser monofásico, caso produza uma única onda senoidal de saída ou trifásico, produzindo três ondas defasadas de 120° entre si. O número de ondas depende da constituição do estator.

- **Gerador assíncrono (ou de indução)**

No gerador assíncrono o rotor não é alimentado por energia externa como no caso do síncrono. Para se produzir o campo magnético do rotor é necessário que ele gire numa velocidade diferente da do campo estator. Desta forma uma corrente é induzida (daí seu nome) no rotor e produz um campo magnético que o faz se comportar como um ímã permanente. Para que esse campo se mantenha, o rotor deve sempre girar a uma velocidade inferior ou superior à do campo estator. Se girar a uma velocidade inferior irá se comportar como um motor assíncrono, mas se girar a uma velocidade superior induzirá de volta no estator uma corrente elétrica, funcionando assim como gerador.

- **Gerador de corrente contínua (dínamo)**

O dínamo é o mais conhecido gerador. É um aparelho que pela indução eletromagnética converte energia mecânica em elétrica. Tem como componentes básicos uma bobina e um ímã.

A energia mecânica do mover de pás expostas ao vento (eólica), ou de pás colocadas no curso de um rio (princípio básico das hidrelétricas), faz o eixo se mover. Nesse eixo tem-se preso um ímã, que alterna seus polos (norte e sul), próximo a uma bobina, que por indução eletromagnética gera corrente alternada.

Para gerar corrente contínua, um anel comutador ou um interruptor mecânico alternam o sentido da corrente produzida, que mesmo sendo gerada de forma alternada, após a comutação do anel, torna-se contínua (unidirecional).

Os motores têm o papel inverso ao dos geradores, transformando energia elétrica em energia mecânica, mas fisicamente seguem os mesmos princípios de construção de um gerador.

Outros exemplos de geradores:

- **Químicos** – São os geradores eletroquímicos, como pilhas e baterias.
- **Fotovoltáicos** – São os geradores fotoelétricos, como as baterias solares.
- **Eletromagnéticos** – É o caso da maior parte dos geradores de grande porte, que precisa de uma rotação em seus eixos para produzir um campo magnético, que gera a corrente elétrica; embora suas origens possam ser mecânicas (dínamos ou alternadores), eólicas (pelo giro de uma hélice), térmicas (usinas termoelétricas e nucleares) ou hidráulicas (usinas hidrelétricas).

## Sexta Aula



Na aula anterior foi introduzido o conceito de gerador elétrico. Como foi visto, a geração de eletricidade é na realidade uma transformação de outras formas de energia. Nessa aula serão apresentados os conceitos de corrente e tensão contínuas e alternadas e também serão discutidas várias fontes de energia convencionais e alternativas.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Corrente e tensão alternadas

Uma corrente elétrica permanece num circuito enquanto permanecer ligada a tensão. A corrente elétrica caminha em apenas um sentido quando a tensão “empurrar” a corrente nesse sentido. Existem tensões que “empurram” e “puxam” a corrente, isto é, invertem o sentido da corrente muito rapidamente.

Quando a corrente caminha sempre num mesmo sentido é chamada de Corrente Contínua – CC ou, em inglês, *Direct Current* – DC.

Quando a corrente muda de sentido, é chamada de Corrente Alternada – CA ou, em inglês, *Alternating Current* – AC.

As tensões que geram essas correntes são chamadas, respectivamente, de tensão contínua e tensão alternada.

A seguir um exemplo gráfico das tensões contínuas e alternadas:

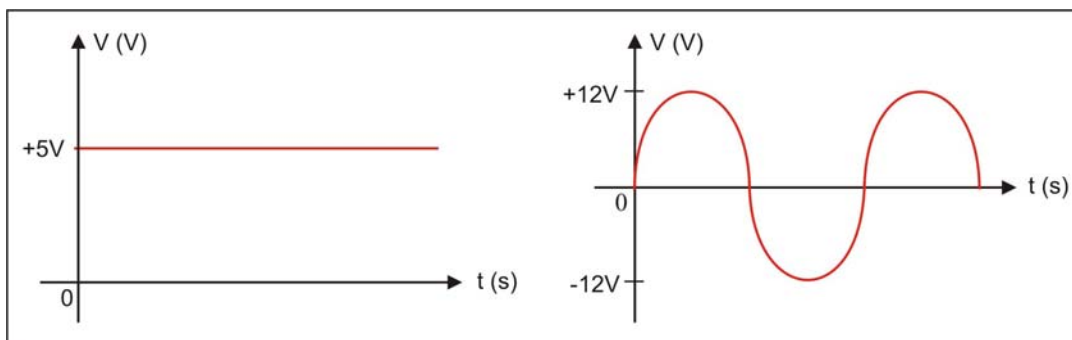


Fig. 14 – Representação gráfica da tensão contínua e alternada.

A corrente contínua está presente nas pilhas, nas baterias de automóveis, de telefones celulares, de relógios de pulso e outros.

A corrente alternada é gerada nas usinas hidrelétricas, transportada por linhas de transmissão até as cidades e utilizadas pelos consumidores por meio das tomadas.

## Fontes de energia

Existem diversas fontes de energia. Pode-se dividi-las em dois grupos: convencionais e alternativas.

As fontes de energia convencionais são as mais comuns e mais utilizadas, por causa da abundância desse tipo de energia e da falta de preocupação com seu esgotamento (antigamente), como, por exemplo:

- Hidrelétricas
- Petróleo
- Carvão mineral e vegetal
- Nuclear

As alternativas já não são tão comuns e são utilizadas principalmente por países que não têm recursos naturais em abundância. Além disso, muitas fontes de energia alternativa ainda estão em estudo. Alguns exemplos:

- Solar
- Eólica
- Geotérmica
- Hidrogênio
- Marés
- Óleos vegetais
- Gás natural

Como no Brasil há um número muito grande de rios e quedas-d'água, a opção mais utilizada é a das usinas hidrelétricas. Detalha-se, abaixo, um pouco mais como funciona uma hidrelétrica.

As usinas hidrelétricas podem ser divididas em três partes: barragem, comportas e turbinas.

A barragem é responsável pela retenção do fluxo de água, criando uma represa, onde a água ficará disponível para a utilização. Antigamente não havia muita preocupação com o meio ambiente, mas hoje a instalação de novas usinas gera grande preocupação para os ambientalistas. Uma grande área de verde normalmente é inundada e toda a vida que a cerca deixa de existir.

As comportas controlam o nível da represa, evitando que a água transborde e inunde áreas não programadas.

A turbina é responsável pela geração de energia. A água entra na casa de máquinas (onde estão as turbinas) por meio de dutos. Esses dutos direcionam a força das águas para as turbinas, que pelo seu movimento giram um eixo onde está preso um grande ímã. Este faz com que uma bobina seja excitada por meio de indução eletromagnética, gerando corrente elétrica.

Essa corrente é filtrada e conduzida até estações de transformação, onde são adequadas ao uso industrial e doméstico, além de próprias para transmissão.



Peça para que os jovens durante a aula teórica identifiquem outras fontes de energia e discutam as mais eficientes e menos destrutivas. É importante que eles desenvolvam uma consciência ambiental.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma atividade prática que demandará alguns componentes. Providencie o material com antecedência de modo a evitar atrasos no andamento da aula. Verifique a lista de componentes necessária no Passo 1 da próxima aula.





## Corrente e tensão alternadas

Uma corrente elétrica permanece num circuito enquanto permanecer ligada a tensão. A corrente elétrica caminha em apenas um sentido quando a tensão “empurra” a corrente nesse sentido. Existem tensões que “empurram” e “puxam” a corrente, isto é, invertem o sentido da corrente muito rapidamente.

Quando a corrente caminha sempre num mesmo sentido é chamada de Corrente Contínua – CC ou, em inglês, *Direct Current* – DC.

Quando a corrente muda de sentido, é chamada de Corrente Alternada – CA ou, em inglês, *Alternating Current* – AC.

As tensões que geram essas correntes são chamadas, respectivamente, de tensão contínua e tensão alternada.

A seguir um exemplo gráfico das tensões contínuas e alternadas:

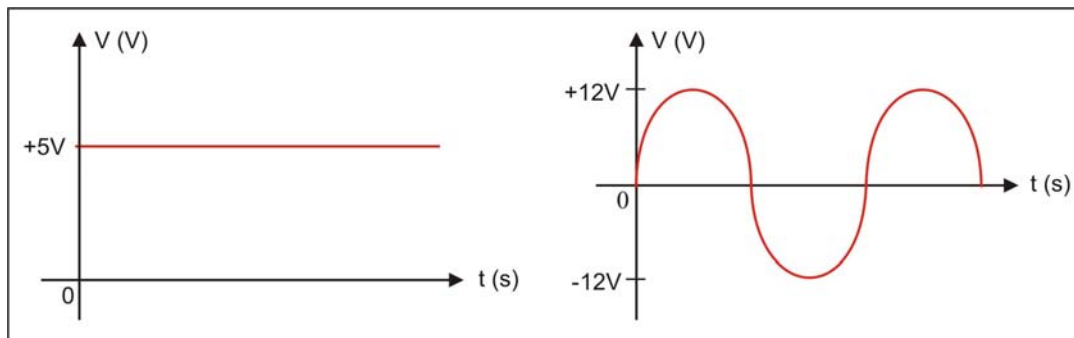


Fig. 1 – Representação gráfica da tensão contínua e alternada.

A corrente contínua está presente nas pilhas, nas baterias de automóveis, de telefones celulares, de relógios de pulso e outros.

A corrente alternada é gerada nas usinas hidrelétricas, transportada por linhas de transmissão até as cidades e utilizadas pelos consumidores por meio das tomadas.

### Fontes de energia

Existem diversas fontes de energia. Pode-se dividi-las em dois grupos: convencionais e alternativas.

As fontes de energia convencionais são as mais comuns e mais utilizadas, por causa da abundância desse tipo de energia e da falta de preocupação com seu esgotamento (antigamente), como, por exemplo:

- Hidrelétricas
- Petróleo
- Carvão mineral e vegetal
- Nuclear

As alternativas já não são tão comuns e são utilizadas principalmente por países que não têm recursos naturais em abundância. Além disso, muitas fontes de energia alternativa ainda estão em estudo. Alguns exemplos:

- Solar
- Eólica
- Geotérmica
- Hidrogênio
- Marés
- Óleos vegetais
- Gás natural

Como no Brasil há um número muito grande de rios e quedas-d'água, a opção mais utilizada é a das usinas hidrelétricas. Detalha-se, abaixo, um pouco mais como funciona uma hidrelétrica.

As usinas hidrelétricas podem ser divididas em três partes: barragem, comportas e turbinas.

A barragem é responsável pela retenção do fluxo de água, criando uma represa, onde a água ficará disponível para a utilização. Antigamente não havia muita preocupação com o meio ambiente, mas hoje a instalação de novas usinas gera grande preocupação para os ambientalistas. Uma grande área de verde normalmente é inundada e toda a vida que a cerca deixa de existir.

As comportas controlam o nível da represa, evitando que a água transborde e inunde áreas não programadas.

A turbina é responsável pela geração de energia. A água entra na casa de máquinas (onde estão as turbinas) por meio de dutos. Esses dutos direcionam a força das águas para as turbinas, que pelo seu movimento giram um eixo onde está preso um grande ímã. Este faz com que uma bobina seja excitada por meio de indução eletromagnética, gerando corrente elétrica.

Essa corrente é filtrada e conduzida até estações de transformação, onde são adequadas ao uso industrial e doméstico, além de próprias para transmissão.



## Sétima Aula



Essa aula é composta de uma atividade prática de **medição** das grandezas anteriormente estudadas. Aqui os jovens poderão visualizar em um circuito a relação entre tensão, corrente, resistência e potência elétricas, familiarizando-se com os instrumentos de medição e as principais partes de um circuito.



### Passo 1 / Atividade prática - Preparação



10 min

Disponibilize aos jovens os seguintes componentes para a montagem do circuito:

- Duas pilhas AA – 1,5V
- Suporte para duas pilhas
- Pedacos de fios
- Lâmpada de 6V
- Soquete para a lâmpada
- Chave (interruptor)
- Alicates de corte
- *Proto-board*

Disponibilize o seguinte instrumento de medição:

- Multímetro



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre multímetro. Você pode escolher alguns para ilustrar o modo correto de utilizá-los. Como sugestão:

<http://www.youtube.com/watch?v=mivobcHnSx0> Multímetro - Parte 1

<http://www.youtube.com/watch?v=y-rYV6mrfPY> Multímetro - Parte 2

Os jovens deverão montar o circuito descrito a seguir:

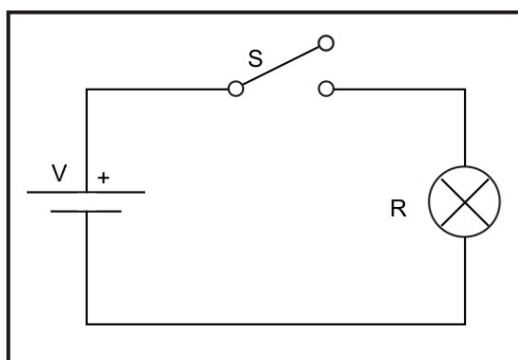


Fig. 15 – Circuito elétrico: pilha, condutor, chave e lâmpada.

**Educador**, acompanhe a montagem dos circuitos pelos jovens e oriente-os sobre a melhor maneira de utilizar o *proto-board*.



Neste *link* há uma referência sobre o assunto: <http://www.youtube.com/watch?v=9X7pzdH5E>.



## Passo 2 / Atividade prática - Experimento



25 min

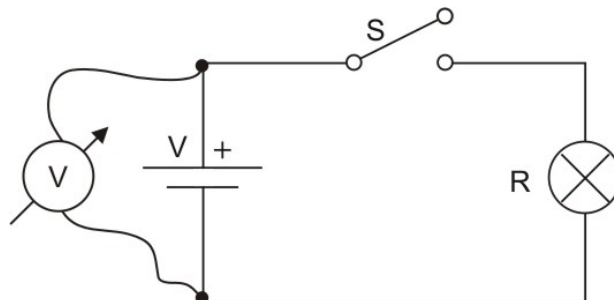
Em um circuito composto por pilha, condutor, chave e lâmpada, calcular e medir com multímetro:

- corrente elétrica
- tensão elétrica
- resistência elétrica
- continuidade.

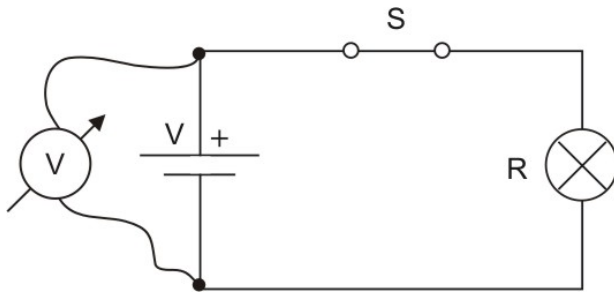
Os jovens deverão medir as grandezas listadas de acordo com as figuras a seguir e anotá-las para a confecção do relatório.

### Medição de tensão

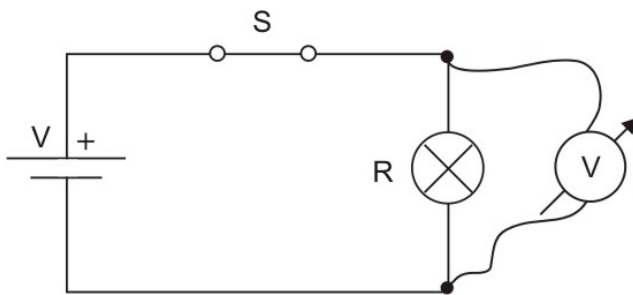
a)  $V =$  \_\_\_\_\_



b)  $V =$  \_\_\_\_\_

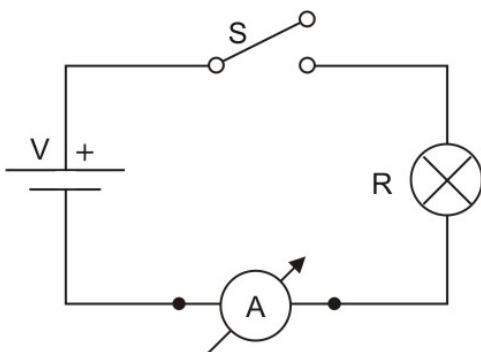


c)  $V =$  \_\_\_\_\_

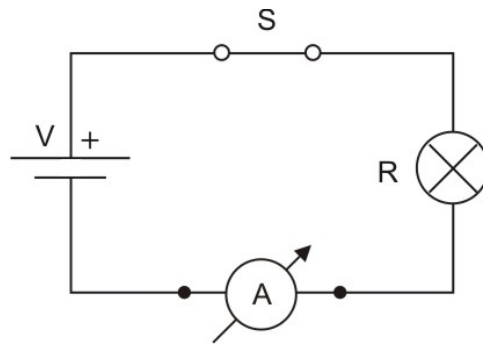


Medição de corrente

a)  $I =$  \_\_\_\_\_

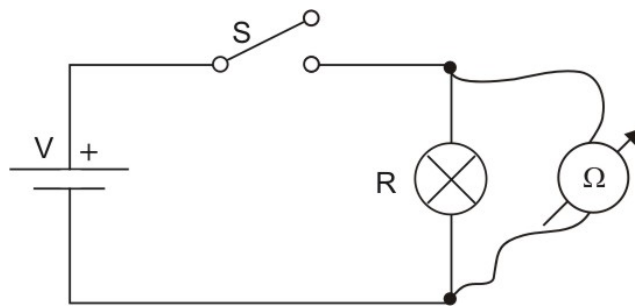


b)  $I =$  \_\_\_\_\_

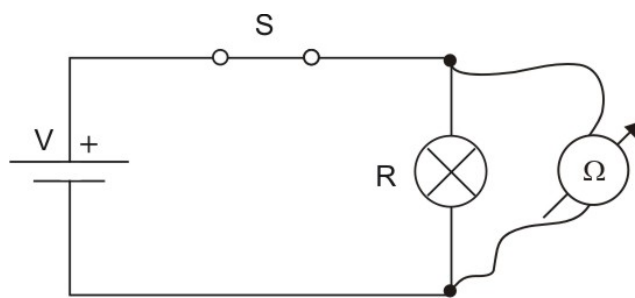


Medição de resistência/continuidade

a)  $R =$  \_\_\_\_\_



b)  $R =$  \_\_\_\_\_



Deve-se lembrar que a tensão é medida em paralelo e a corrente em série.

A continuidade pode ser medida com um ohmímetro. Quando a resistência é 0, entende-se que existe continuidade e quando ela indica infinito, o circuito ou condutor está aberto.

Auxilie os jovens na seleção da escala adequada para efetuar as respectivas medições.



Adicionar um potenciômetro a um dos circuitos e pedir para os grupos observarem a intensidade luminosa da lâmpada, enquanto o potenciômetro é variado. Peça que os grupos efetuem medições da resistência do potenciômetro e da intensidade da corrente para aquele valor de resistência. Oriente-os a colocarem essas informações em seu relatório para ilustrarem a conclusão.

Peça para os jovens realizarem a medição de tensão em uma tomada disponível. Deve-se ter certeza do posicionamento correto do seletor do multímetro para medições em tensão alternada.

Sempre se deve iniciar a medição na maior escala e diminuir gradativamente até obter uma melhor leitura.



### Passo 3 / Atividade prática - Conclusões



15 min

Tomar nota das medidas solicitadas no circuito e elaborar um relatório que deverá conter:

- breve introdução teórica;
- desenvolvimento das atividades (descrição dos passos e ilustrações);
- medições realizadas;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

A conclusão do relatório deverá conter comentários a cerca da ilustração do educador sobre a utilização do potenciômetro no circuito (se aplicado).

No desenvolvimento das atividades os jovens deverão registrar:

- equipamentos utilizados;
- testes e medições realizadas;
- conclusões sobre o observado;
- materiais e ferramentas utilizadas;
- procedimentos executados.

O relatório poderá ser entregue na aula seguinte.

Comente com os jovens sobre as atividades executadas e os resultados que deveriam ser obtidos, incentivando-os a pesquisarem sobre o assunto para elaborarem um relatório com maior qualidade.



## Oitava Aula

Lidar com a eletricidade pode ser uma tarefa perigosa dependendo dos níveis de energia que estiverem envolvidos. Essa aula traz conceitos importantes para a segurança do profissional que trabalha com eletricidade. É preciso entender quais as causas e consequências de um curto-circuito e conhecer os efeitos da corrente elétrica no corpo humano. É também de suma importância conhecer as normas de segurança recomendadas ao se lidar com dispositivos eletricamente energizados.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Curto-circuito

Curto-circuito é o aumento instantâneo da intensidade da corrente elétrica que passa por um condutor devido à redução abrupta da resistência do circuito. Quando a resistência se aproxima do 0 leva a corrente elétrica ao infinito. A resistência nunca será 0 de fato, por este motivo a corrente não chega ao infinito, mas sim a grandes valores e de forma extremamente rápida, provocando aquecimento, explosões e faíscas, que podem resultar em incêndios.

O curto-circuito provoca danos no circuito elétrico e no dispositivo que causou essa redução de resistência.

O exemplo mais comum de um curto-circuito é a colocação de um fio em uma tomada elétrica comum. Como a resistência do fio é quase 0, a corrente tende a aumentar rapidamente, causando explosões, faíscas e o rompimento do fio por causa do calor. Danos mais graves não acontecem por causa dos sistemas de proteção instalados em indústrias e residências. Instalações elétricas mal dimensionadas também são as principais causas dos curtos-circuitos.

Outro exemplo típico de curto-circuito é a junção dos terminais de uma fonte de tensão (um gerador elétrico,

por exemplo). Como não existe carga (lâmpadas, motores, etc.) para exercerem trabalho, a resistência desse circuito é quase zero. Pela lei de Ohm, quanto menor a resistência, maior a corrente. A corrente elétrica aumentará, gradativamente, o quanto os fios do circuito aguentarem ou o quanto o gerador puder fornecer. O calor aumentará a cada segundo (conforme o aumento da intensidade da corrente), aumentando o risco de incêndios.

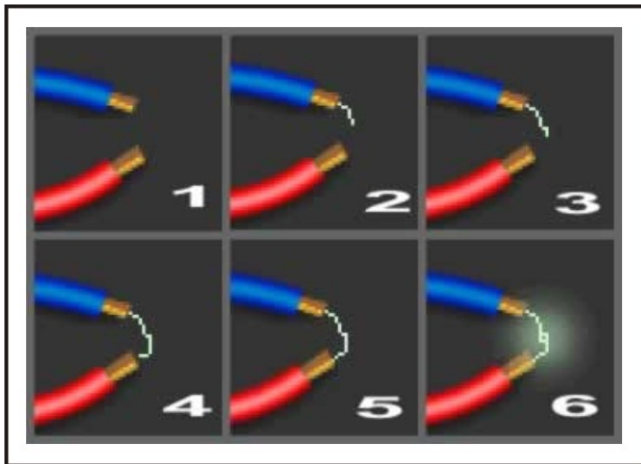


Fig. 16 – Quadro a quadro de um curto-circuito com arco elétrico.

Uma solução simples para esse problema é a utilização de fusíveis ou disjuntores, que serão vistos mais adiante.



Fig. 17 – Fusível simples.

## Efeitos da corrente no corpo humano

Quando a eletricidade circula pelo corpo humano, utilizando-o como condutor, diz-se que a pessoa toma um choque elétrico. O choque elétrico é a passagem de corrente elétrica pelo corpo. Dependendo da intensidade do choque, sai-se ileso, causando apenas um belo susto, mas um simples choque pode ser a causa de graves queimaduras e até levar à morte.

Deve-se sempre tomar muito cuidado ao trabalhar com eletricidade. Normalmente se diz que o choque de um chuveiro (220V) é muito mais forte que o de uma tomada (110V). Na realidade as consequências de um choque

elétrico estão diretamente ligadas à intensidade da corrente e não da tensão.

Claro que pela lei de Ohm tem-se que a tensão é diretamente proporcional à corrente, e como a resistência do corpo humano não varia, quanto maior a tensão, maior será a corrente também.

Existe uma norma regulamentadora do Ministério do Trabalho, conhecida como NR 10 que é muito importante que se conheça.

A NR 10 regulamenta a segurança em serviços com eletricidade e determina algumas faixas de tensões de choques elétricos:

AC	DC	Classificação	
< 50 V	< 120 V	EBT	Extrabaixa tensão
> 50 V e < 1000 V	> 120 V e < 1500 V	BT	Baixa tensão
> 1000 V	> 1500 V	AT	Alta tensão

Tabela 3 – Faixas de tensão pela NR 10.

A NR 10 diz que os choques elétricos na faixa EBT são inofensivos, mas que em BT são perigosos e em AT são fatais.

Definem-se três tipos de sensação quando a corrente elétrica passa pelo corpo:

- Limiar de sensação.
- Limiar de não largar.
- Limiar de fibrilação ventricular.

No limiar de sensação, apenas sente-se um aquecimento leve da região do choque ou um formigamento. O corpo percebe a passagem da corrente elétrica a partir de 1mA.

O limiar de não largar, como o próprio nome diz, provoca contrações musculares que fazem com que a vítima não consiga soltar do circuito. A intensidade da corrente varia entre 10 e 25mA.

Acima de 25mA, um choque elétrico pode ser fatal. O coração começa a tremer e deixa de bombear o sangue para o corpo, isso normalmente é acompanhado de uma parada respiratória. Esse descompasso do coração é denominado fibrilação ventricular.

São muitos os efeitos de um choque no corpo humano. Os principais são:

- contrações musculares;
- tetanização: é uma paralisação muscular temporária por horas, dias e, até mesmo, meses;



- prolapso: é o deslocamento, com mudança definitiva, de órgãos ou músculos;
- queimaduras dos ossos, músculos e órgãos;
- parada cardiorrespiratória;
- fibrilação ventricular: o coração passa a “tremer” e deixa de bombear o sangue para o corpo;
- trombose: é o entupimento das artérias ou das veias;
- perturbação no sistema nervoso: perda de sensibilidade e coordenação motora, inclusive a doença de Parkinson;
- danos no cérebro: inibição dele, dessincronização nos seus comandos, edema (acúmulo anormal de líquido), isquemia (detenção da circulação sanguínea), dilatação, perda da memória, perda do raciocínio, perda da fala, comprometimento dos movimentos, perda da visão;
- danos renais: insuficiência renal, incontinência urinária, perda de proteínas pela urina; bloqueio do ureter (impedimento da passagem da urina dos rins para a bexiga);
- danos na visão: queimaduras, prolapso, cataratas, conjuntivites e cegueira;
- danos na audição: surdez parcial ou total;
- danos nos pulmões: edema agudo (intenso).

## Normas de segurança

Todos devem conhecer os perigos que a eletricidade oferece.

Quarenta e três por cento dos acidentes com choque elétrico ocorrem em casa.

O Ministério do Trabalho desenvolveu uma série de normas para a prevenção de acidentes e doenças ao trabalhador, nos mais diversos tipos de serviços. São as NRs – Normas Regulamentadoras.

Para os serviços com eletricidade, há a NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

O Diário Oficial da União publicou em dezembro de 2004 a Portaria número 598 de 7/12/04, assinada pelo Ministro do Trabalho, alterando a NR-10. A nova norma estabelece procedimentos regulamentares relacionados à segurança, à saúde e às condições gerais para os trabalhadores que atuam com energia elétrica em todos os ambientes de

trabalho, abrangendo desde a construção civil, atividades comerciais, industriais, rurais e até mesmo domésticas.

**Educador**, é interessante que uma cópia da NR-10 seja distribuída aos jovens. Não se esqueça de providenciar cópias suficientes para eles. Faça uma breve explanação dos pontos principais e peça que discutam a aplicação da norma no Brasil.



Na próxima aula serão abordados dispositivos de proteção, tais como: fusíveis, disjuntores, relés térmicos. É importante que os jovens tenham contato com esses dispositivos para que saibam identificá-los mais tarde. Portanto, providencie pelo menos um de cada tipo para exibição durante a aula.



## Curto-circuito

Curto-circuito é o aumento instantâneo da intensidade da corrente elétrica que passa por um condutor devido à redução abrupta da resistência do circuito. Quando a resistência se aproxima do 0 leva a corrente elétrica ao infinito. A resistência nunca será 0 de fato, por este motivo a corrente não chega ao infinito, mas sim a grandes valores e de forma extremamente rápida, provocando aquecimento, explosões e faíscas, que podem resultar em incêndios.

O curto-circuito provoca danos no circuito elétrico e no dispositivo que causou essa redução de resistência.

O exemplo mais comum de um curto-circuito é a colocação de um fio em uma tomada elétrica comum. Como a resistência do fio é quase 0, a corrente tende a aumentar rapidamente, causando explosões, faíscas e o rompimento do fio por causa do calor. Danos mais graves não acontecem por causa dos sistemas de proteção instalados em indústrias e residências. Instalações elétricas mal dimensionadas também são as principais causas dos curtos-circuitos.

Outro exemplo típico de curto-circuito é a junção dos terminais de uma fonte de tensão (um gerador elétrico, por exemplo). Como não existe carga (lâmpadas, motores, etc.) para exercerem trabalho, a resistência desse circuito é quase zero. Pela lei de Ohm, quanto menor a resistência, maior a corrente. A corrente elétrica aumentará, gradativamente, o quanto os fios do circuito aguentarem ou o quanto o gerador puder fornecer. O calor aumentará a cada segundo (conforme o aumento da intensidade da corrente), aumentando o risco de incêndios.

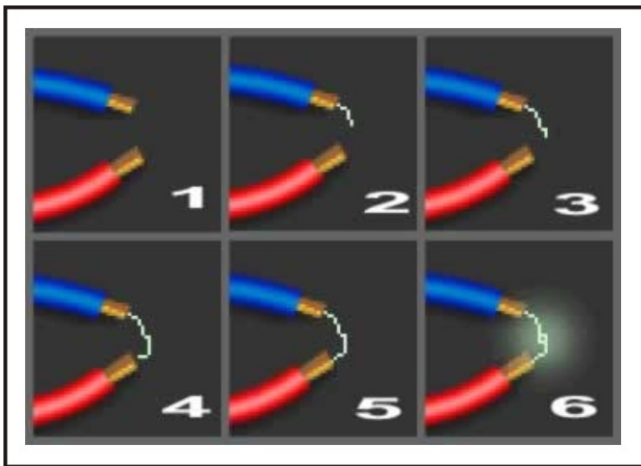


Fig. 1 – Quadro a quadro de um curto-circuito com arco elétrico.

Uma solução simples para esse problema é a utilização de fusíveis ou disjuntores, que serão vistos mais adiante.



Fig. 2 – Fusível simples.

## Efeitos da corrente no corpo humano

Quando a eletricidade circula pelo corpo humano, utilizando-o como condutor, diz-se que a pessoa toma um choque elétrico. O choque elétrico é a passagem de corrente elétrica pelo corpo. Dependendo da intensidade do choque, sai-se ileso, causando apenas um belo susto, mas um simples choque pode ser a causa de graves queimaduras e até levar à morte.

Deve-se sempre tomar muito cuidado ao trabalhar com eletricidade. Normalmente se diz que o choque de um chuveiro (220V) é muito mais forte que o de uma tomada (110V). Na realidade as consequências de um choque elétrico estão diretamente ligadas à intensidade da corrente e não da tensão.

Claro que pela lei de Ohm tem-se que a tensão é diretamente proporcional à corrente, e como a resistência do corpo humano não varia, quanto maior a tensão, maior será a corrente também.

Existe uma norma regulamentadora do Ministério do Trabalho, conhecida como NR 10 que é muito importante que se conheça.

A NR 10 regulamenta a segurança em serviços com eletricidade e determina algumas faixas de tensões de choques elétricos:

AC	DC	Classificação	
< 50 V	< 120 V	EBT	Extrabaixa tensão
> 50 V e < 1000 V	> 120 V e < 1500 V	BT	Baixa tensão
> 1000 V	> 1500 V	AT	Alta tensão

Tabela 1 – Faixas de tensão pela NR 10.

A NR 10 diz que os choques elétricos na faixa EBT são inofensivos, mas que em BT são perigosos e em AT são fatais.

Definem-se três tipos de sensação quando a corrente elétrica passa pelo corpo:

- Limiar de sensação.
- Limiar de não largar.
- Limiar de fibrilação ventricular.

No limiar de sensação, apenas sente-se um aquecimento leve da região do choque ou um formigamento. O corpo percebe a passagem da corrente elétrica a partir de 1mA.

O limiar de não largar, como o próprio nome diz, provoca contrações musculares que fazem com que a vítima não consiga soltar do circuito. A intensidade da corrente varia entre 10 e 25mA.

Acima de 25mA, um choque elétrico pode ser fatal. O coração começa a tremer e deixa de bombear o sangue para o corpo, isso normalmente é acompanhado de uma parada respiratória. Esse descompasso do coração é denominado fibrilação ventricular.

São muitos os efeitos de um choque no corpo humano. Os principais são:

- contrações musculares;
- tetanização: é uma paralisação muscular temporária por horas, dias e, até mesmo, meses;
- prolapso: é o deslocamento, com mudança definitiva, de órgãos ou músculos;
- queimaduras dos ossos, músculos e órgãos;

- parada cardiorrespiratória;
- fibrilação ventricular: o coração passa a “tremar” e deixa de bombear o sangue para o corpo;
- trombose: é o entupimento das artérias ou das veias;
- perturbação no sistema nervoso: perda de sensibilidade e coordenação motora, inclusive a doença de Parkinson;
- danos no cérebro: inibição dele, dessincronização nos seus comandos, edema (acúmulo anormal de líquido), isquemia (detenção da circulação sanguínea), dilatação, perda da memória, perda do raciocínio, perda da fala, comprometimento dos movimentos, perda da visão;
- danos renais: insuficiência renal, incontinência urinária, perda de proteínas pela urina; bloqueio do ureter (impedimento da passagem da urina dos rins para a bexiga);
- danos na visão: queimaduras, prolapso, cataratas, conjuntivites e cegueira;
- danos na audição: surdez parcial ou total;
- danos nos pulmões: edema agudo (intenso).

## Normas de segurança

Todos devem conhecer os perigos que a eletricidade oferece.

Quarenta e três por cento dos acidentes com choque elétrico ocorrem em casa.

O Ministério do Trabalho desenvolveu uma série de normas para a prevenção de acidentes e doenças ao trabalhador, nos mais diversos tipos de serviços. São as NRs – Normas Regulamentadoras.

Para os serviços com eletricidade, há a NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

O Diário Oficial da União publicou em dezembro de 2004 a Portaria número 598 de 7/12/04, assinada pelo Ministro do Trabalho, alterando a NR-10. A nova norma estabelece procedimentos regulamentares relacionados à segurança, à saúde e às condições gerais para os trabalhadores que atuam com energia elétrica em todos os ambientes de trabalho, abrangendo desde a construção civil, atividades comerciais, industriais, rurais e até mesmo domésticas.



# Nona Aula



Na aula anterior foram apresentados alguns procedimentos de segurança usados ao se lidar com eletricidade. Essa aula complementa os conceitos vistos na última aula introduzindo a importância de um bom aterramento baseado em normas. Além disso, conhecer equipamentos e dispositivos de proteção de circuitos é de extrema importância no mundo da eletricidade.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Aterramento de equipamentos

Os para-raios são projetados para a proteção de edificações e não para os equipamentos eletroeletrônicos. Para a proteção de equipamentos, são necessários aterramentos elétricos (fio-terra).

As interferências eletromagnéticas são causadas por radiações. Ondas de rádio e até chaveamentos (liga-desliga) são causadores de interferências (sinais eletrônicos).

Em clima seco, podem ocorrer interferências eletrostáticas que prejudicam o funcionamento de aparelhos de tecnologia digital.

O aterramento nada mais é do que a ligação de um equipamento ou de um sistema à terra. É feito com o emprego de um condutor de proteção que liga a carcaça a um terminal de aterramento (haste metálica).

A haste metálica, de aço cobreado, com comprimento mínimo de dois metros, é enterrada a dois metros de profundidade, no solo. Todos os equipamentos elétricos devem ser ligados a essa haste.

O aterramento tem como função desviar para a terra as correntes indesejáveis.

Quando o aterramento é inadequado, um ruído pode ocorrer. Quando existir mais de um caminho de aterramento entre pontos de um mesmo equipamento,

ocorre um “loop de terra”, gerando uma pequena tensão entre esses pontos. Isso causa um ruído no circuito.

O condutor de aterramento deve ser de cobre nu, tão curto quanto possível e sem emendas. Deverá estar num eletroduto, e o ponto de conexão do condutor com a haste metálica deverá ser protegido por uma caixa de cimento, alvenaria ou similar e ser acessível para inspeção. Existem conectores especiais (anticorrosão) para essa conexão.

O principal motivo para se aterrar um equipamento é a segurança. O aterramento evita, além dos ruídos, choques elétricos que podem levar à morte.

O fio de aterramento do cabo de energia elétrica conecta o chassi do equipamento ao fio da tomada de alimentação AC (sinais elétricos) que está conectado ao fio-terra da instalação elétrica da edificação.

Cabos blindados podem ser utilizados para o aterramento. Quando o ruído entra numa blindagem conectada à terra, ele não entra no caminho do sinal.

## Norma de aterramento

Considerada a mais importante norma do setor elétrico, a ABNT NBR 5410, que trata de instalações elétricas de baixa tensão, entrou em vigor em 31 de março de 2005, cancelando e substituindo a versão lançada em 1997, e foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE\_03:064.01).

Essa norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

Aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

**Educador**, é interessante que uma cópia da NBR-5410 seja apresentada aos jovens, e que os principais objetivos dela sejam explanados.



No *link* a seguir há um artigo sobre aterramento: <http://www.scribd.com/doc/7351540/Aterramento-Eletrico>



## Dispositivos de proteção

Dispositivos de proteção são elementos que têm como objetivo interromper a passagem de correntes elétricas de valores elevados que podem danificar componentes, aparelhos, lâmpadas, ou mesmo causar um incêndio.

Correntes elevadas ocorrem quando há uma sobrecarga ou um curto-circuito. Quando, por exemplo, estão ligados vários aparelhos numa mesma tomada, ocorre um aquecimento excessivo, ou seja, uma sobrecarga no circuito.

**Fusíveis** – São elementos ligados em série com as fases de um circuito. O fusível protege o circuito porque possui, dentro do seu corpo, um filamento de chumbo ou estanho que se rompe (funde) quando circula por ele uma corrente superior àquela que ele suporta.

Os fusíveis são geralmente dimensionados 20% acima da corrente nominal do circuito.

Quando o fusível atua, necessita ser trocado.



Fig. 18 – Exemplo de fusíveis.



Fig. 19 – Simbologia de fusíveis.

**Disjuntores** – São dispositivos de proteção automáticos contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Para sobrecargas, os disjuntores possuem um relé térmico (de atuação retardada) que têm uma lâmina aquecida pela corrente que atravessa o disjuntor; esse

aquecimento provoca uma deformação na lâmina, acionando um gatilho e abrindo (desligando) o circuito.

Para curtos-circuitos, os disjuntores possuem um relé eletromagnético (de atuação instantânea) cuja bobina é percorrida por uma corrente. Quando um valor máximo permitido para essa corrente for ultrapassado, o relé aciona um dispositivo mecânico que desliga o disjuntor, abrindo (desligando) o circuito.

Relé é uma chave automática eletromagnética, isto é, um dispositivo eletromagnético empregado geralmente para abrir ou fechar automaticamente um ou mais circuitos.

Os disjuntores são também considerados dispositivos de manobra porque podem atuar como interruptores de corrente nas condições normais do circuito.

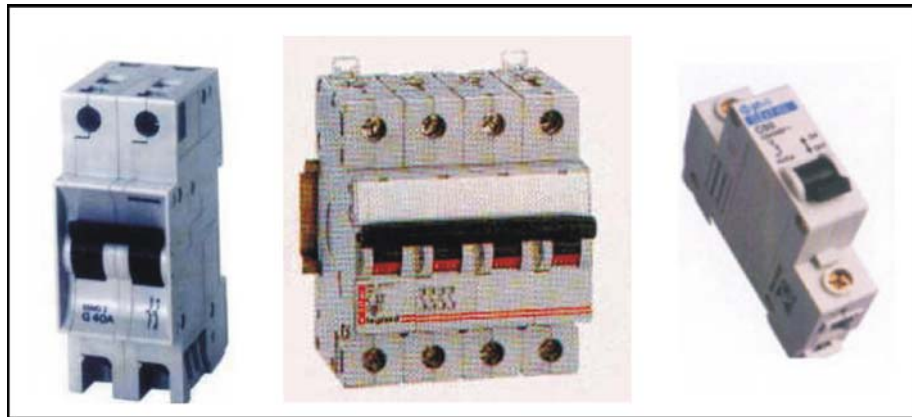


Fig. 20 – Exemplos de disjuntores.

**Relé térmico ou de sobrecarga** – O princípio de funcionamento do relé térmico foi descrito acima, porém o dispositivo aqui exposto é mais completo e independente. Possui contatos auxiliares que interrompem a passagem da corrente da bobina, desacionando uma carga. Para religar, é preciso acionar manualmente um botão de rearme do relé.



Fig. 21 – Exemplos de relés térmicos.



Na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos dispositivos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.





## Aterramento de equipamentos

Os para-raios são projetados para a proteção de edificações e não para os equipamentos eletroeletrônicos. Para a proteção de equipamentos, são necessários aterramentos elétricos (fio-terra).

As interferências eletromagnéticas são causadas por radiações. Ondas de rádio e até chaveamentos (liga-desliga) são causadores de interferências (sinais eletrônicos).

Em clima seco, podem ocorrer interferências eletrostáticas que prejudicam o funcionamento de aparelhos de tecnologia digital.

O aterramento nada mais é do que a ligação de um equipamento ou de um sistema à terra. É feito com o emprego de um condutor de proteção que liga a carcaça a um terminal de aterramento (haste metálica).

A haste metálica, de aço cobreado, com comprimento mínimo de dois metros, é enterrada a dois metros de profundidade, no solo. Todos os equipamentos elétricos devem ser ligados a essa haste.

O aterramento tem como função desviar para a terra as correntes indesejáveis.

Quando o aterramento é inadequado, um ruído pode ocorrer. Quando existir mais de um caminho de aterramento entre pontos de um mesmo equipamento, ocorre um “loop de terra”, gerando uma pequena tensão entre esses pontos. Isso causa um ruído no circuito.

O condutor de aterramento deve ser de cobre nu, tão curto quanto possível e sem emendas. Deverá estar num eletroduto, e o ponto de conexão do condutor com a haste metálica deverá ser protegido por uma caixa de cimento, alvenaria ou similar e ser acessível para inspeção. Existem conectores especiais (anticorrosão) para essa conexão.

O principal motivo para se aterrar um equipamento é a segurança. O aterramento evita, além dos ruídos, choques elétricos que podem levar à morte.

O fio de aterramento do cabo de energia elétrica conecta o chassi do equipamento ao fio da tomada de alimentação AC (sinais elétricos) que está conectado ao fio-terra da instalação elétrica da edificação.

Cabos blindados podem ser utilizados para o aterramento. Quando o ruído entra numa blindagem conectada à terra, ele não entra no caminho do sinal.

### Norma de aterramento

Considerada a mais importante norma do setor elétrico, a ABNT NBR 5410, que trata de instalações elétricas de baixa tensão, entrou em vigor em 31 de março de 2005, cancelando e substituindo a versão lançada em 1997, e foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE\_03:064.01).

Essa norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

Aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

## Dispositivos de proteção

Dispositivos de proteção são elementos que têm como objetivo interromper a passagem de correntes elétricas de valores elevados que podem danificar componentes, aparelhos, lâmpadas, ou mesmo causar um incêndio.

Correntes elevadas ocorrem quando há uma sobrecarga ou um curto-circuito. Quando, por exemplo, estão ligados vários aparelhos numa mesma tomada, ocorre um aquecimento excessivo, ou seja, uma sobrecarga no circuito.

**Fusíveis** – São elementos ligados em série com as fases de um circuito. O fusível protege o circuito porque possui, dentro do seu corpo, um filamento de chumbo ou estanho que se rompe (funde) quando circula por ele uma corrente superior àquela que ele suporta.

Os fusíveis são geralmente dimensionados 20% acima da corrente nominal do circuito.

Quando o fusível atua, necessita ser trocado.



Fig. 1 – Exemplo de fusíveis.



Fig. 2 – Simbologia de fusíveis.

**Disjuntores** – São dispositivos de proteção automáticos contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Para sobrecargas, os disjuntores possuem um relé térmico (de atuação retardada) que têm uma lâmina aquecida pela corrente que atravessa o disjuntor; esse aquecimento provoca uma deformação na lâmina, acionando um gatilho e abrindo (desligando) o circuito.

Para curtos-circuitos, os disjuntores possuem um relé eletromagnético (de atuação instantânea) cuja bobina é percorrida por uma corrente. Quando um valor máximo permitido para essa corrente for ultrapassado, o relé aciona um dispositivo mecânico que desliga o disjuntor, abrindo (desligando) o circuito.

Relé é uma chave automática eletromagnética, isto é, um dispositivo eletromagnético empregado geralmente para abrir ou fechar automaticamente um ou mais circuitos.

Os disjuntores são também considerados dispositivos de manobra porque podem atuar como interruptores de corrente nas condições normais do circuito.

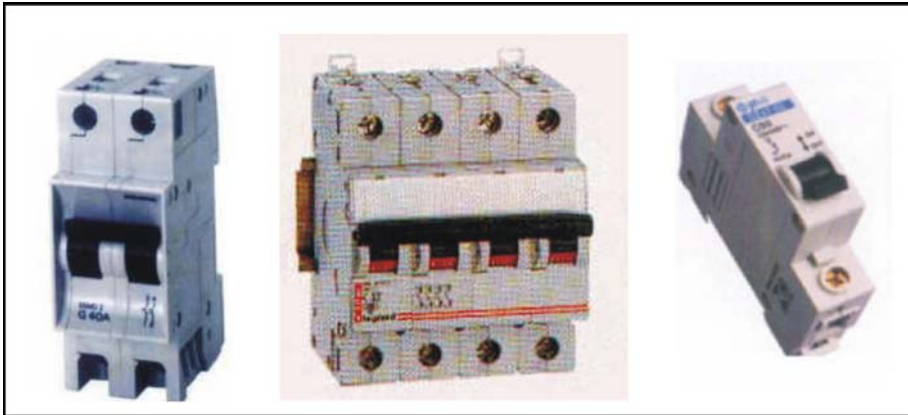


Fig. 3 – Exemplos de disjuntores.

**Relé térmico ou de sobrecarga** – O princípio de funcionamento do relé térmico foi descrito acima, porém o dispositivo aqui exposto é mais completo e independente. Possui contatos auxiliares que interrompem a passagem da corrente da bobina, desacionando uma carga. Para religar, é preciso acionar manualmente um botão de rearme do relé.



Fig. 4 – Exemplos de relés térmicos.





## Décima Aula



Nessa aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde deverão caracterizar, em circuitos de máquinas, dispositivos de comando (botoeira, contator e relé de tempo) e dispositivos de proteção (disjuntor, fusível e relé térmico).



### Passo 1 / Orientação



15 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de caracterizar em circuitos de máquinas dispositivos de comando (botoeira, contator e relé de tempo) e dispositivos de proteção (disjuntor, fusível e relé térmico), descrevendo seu funcionamento, funções e tipos observados.

Para preparar esta atividade, devem ser orientados sobre os procedimentos de segurança para que circulem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles vistam-se adequadamente.

Faça um resumo dos itens que os jovens deverão observar durante a visita, definindo:

#### Dispositivos de comando

Os circuitos elétricos possuem dispositivos que permitem a interrupção da passagem da corrente por seccionamento (corte). São dispositivos de comando: interruptores, chaves de faca, botoeiras, contadores, relés, etc.

Portanto, dispositivos de comando são elementos de comutação destinados a permitir ou não a passagem da corrente elétrica entre um ou mais pontos de um circuito.

**Interruptores** – São dispositivos que ligam ou desligam lâmpadas e que interrompem a corrente no fio-fase ao qual são ligados.

**Chaves de faca** – São chaves desligadoras que podem ser acionadas direta e manualmente. Podem possuir fusíveis próprios, sendo, assim, denominadas chaves de faca com porta-fusíveis.

## Botoeira ou chave

**Botoeira sem retenção ou impulso** – É um dispositivo que só permanece acionado devido à aplicação de uma força externa. Cessada a força, o dispositivo volta à posição anterior. Esse tipo de botoeira pode ter, construtivamente, contatos Normalmente Abertos (NA) ou Normalmente Fechados (NF).

**Botoeira com retenção ou trava** – É um dispositivo que, uma vez acionado, seu retorno à situação anterior acontece somente por meio de um novo acionamento. Construtivamente pode ter contatos Normalmente Abertos (NA) ou Normalmente Fechados (NF).

**Botoeira com contatos múltiplos com ou sem retenção** – Existem chaves com ou sem retenção de comandos múltiplos NA e NF.

**Botoeira seletora** – É um dispositivo que possui duas ou mais posições, podendo selecionar uma ou várias funções em um determinado processo. Esse tipo de botoeira possui um contato comum em relação aos demais contatos.

**Contator** – É uma chave de comutação eletromagnética direcionada, geralmente, para cargas de maior potência. Possui contatos principais (para energização da carga) e auxiliares com menor capacidade de corrente. Estes últimos são utilizados para auxílio nos circuitos de comando e sinalização, além do acionamento de outros dispositivos elétricos.

**Relé** – Esse dispositivo é formado basicamente por uma bobina e seus conjuntos de contatos. Energizada a bobina, os contatos são levados para novas posições, assim permanecendo enquanto houver alimentação nela. Um relé, construtivamente, pode ser formado por vários conjuntos de contatos. Uma das grandes vantagens do relé é a isolação elétrica entre os terminais da bobina e os contatos NA e NF, além do isolamento entre os conjuntos de contatos. Também é possível acionar cargas com tensões diferentes por meio de um único relé.



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre o tema. Para ilustrar melhor os conceitos acima, sugere-se: <http://www.youtube.com/user/GIBADAELETRICA>

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;

- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados;
- funções, tipos e funcionamento;
- procedimentos de segurança observados;
- procedimentos de testes e detecção de falhas observados.



## Passo 2 / Visita técnica



35 min

Durante a visita, um profissional da área de automação (preferencialmente um engenheiro) apresentará alguns dispositivos automatizados, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na aula seguinte contendo os tópicos citados anteriormente.

## Décima Primeira Aula



Os motores elétricos são dispositivos eletromecânicos capazes de transformar eletricidade em movimento e força. Isto é conseguido por meio das propriedades do eletromagnetismo. Nesta aula serão apresentados os conceitos básicos sobre campo magnético, eletromagnetismo e construção de eletroímãs.



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Campo magnético

O magnetismo é a manifestação de uma força proveniente de cargas elétricas em movimento.

Uma fonte natural de campo magnético são os ímãs permanentes, como a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Acreditava-se que o campo magnético não tinha relação com a eletricidade, até que em 1820, Oersted (Hans Christian Oersted, dinamarquês, 1777-1851) descobriu que a corrente elétrica (movimento de elétrons) produzia ao redor de um condutor metálico um campo magnético.

Os estudos do dinamarquês comprovaram que uma corrente elétrica, ao atravessar um condutor retilíneo, produz linhas de campo circulares e concêntricas ao fio, fazendo com o que ele se comporte como um ímã. Se uma bússola, por exemplo, for colocada nas proximidades do fio, poderemos notar a influência desse campo sobre a agulha da bússola:

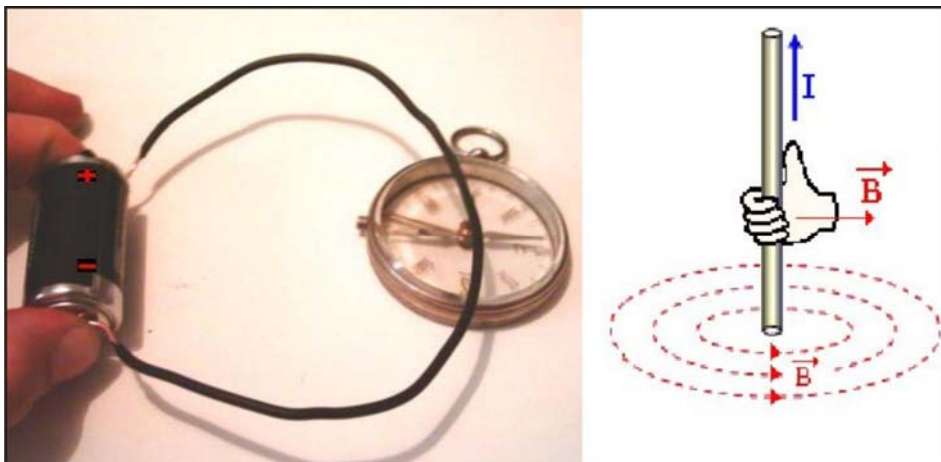


Fig. 22 – Campo magnético ao redor de um condutor (linhas de força).

A intensidade do campo é diretamente proporcional à intensidade da corrente que percorre o fio, e sua direção pode ser determinada pela regra da “mão direita”: se o

polegar direito indicar o sentido da corrente no fio, os demais dedos indicarão a direção das linhas de campo.

Quando se enrola o fio em forma de bobina, as linhas de campo de cada espira somam-se entre si, aumentando a intensidade do campo. Neste caso, uma variante da regra da “mão direita” diz que: se os demais dedos indicarem o sentido do fluxo de corrente pela bobina, o polegar apontará o polo norte.

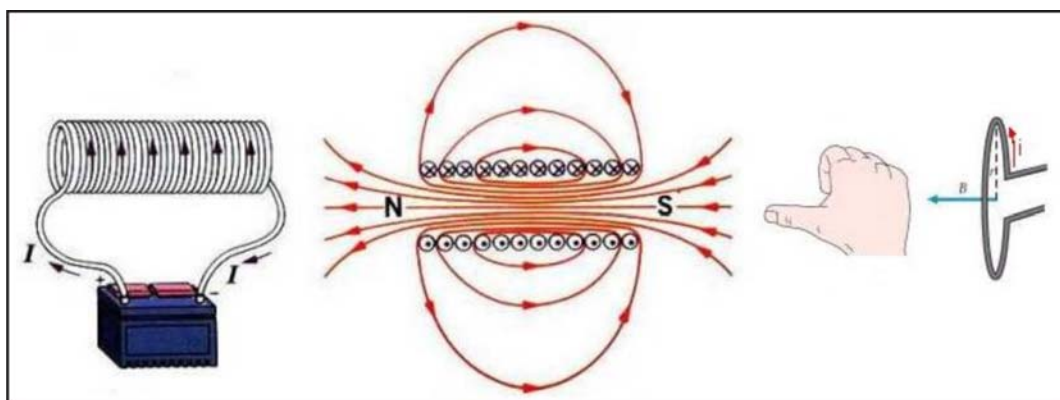


Fig. 23 – Campo magnético formado numa bobina.



Procure levar para a aula exemplos de ímãs, eletroímãs e se possível uma bússola. Tais itens podem ser usados para ilustrar os efeitos do magnetismo e do eletromagnetismo.

## Eletroímã

Se no interior dessas espiras for colocado algum material ferroso, o campo eletromagnético produzido ficará ainda mais intenso. A esta montagem dá-se o nome de eletroímã.

Um experimento interessante para comprovar essa teoria é a confecção de um eletroímã. Ao enrolar um condutor ao redor de uma barra metálica, verifica-se que, quando se aplica uma corrente elétrica a esse condutor, o direcionamento das linhas de campo será concentrado pelo núcleo desse enrolamento, fazendo com que ele funcione como um ímã.

As aplicações de um eletroímã podem ser as mais variadas. São muito utilizados em recicladoras de metais e ferros-velhos, para separar os metais de não-metais. Além disso, são a base de funcionamento dos motores elétricos.

## Como construir um eletroímã?

Para experiências simples, e para levantar alguns objetos metálicos leves, têm-se os seguintes eletroímãs:

- Um prego grande
- Um pedaço de fio encapado
- Uma pilha grande

Enrolar o fio no prego (ver figura abaixo). Quanto mais voltas de fio no metal, melhor. Para evitar que o fio se solte, pode-se usar fita adesiva.

Desencapar as extremidades do fio. Encostar as partes desencapadas nos polos positivo e negativo da pilha.

O eletroímã está pronto!

Pegar objetos leves de metal (clipes, por exemplo), colocá-los próximos ao eletroímã e ver o quanto o ele consegue suportar.

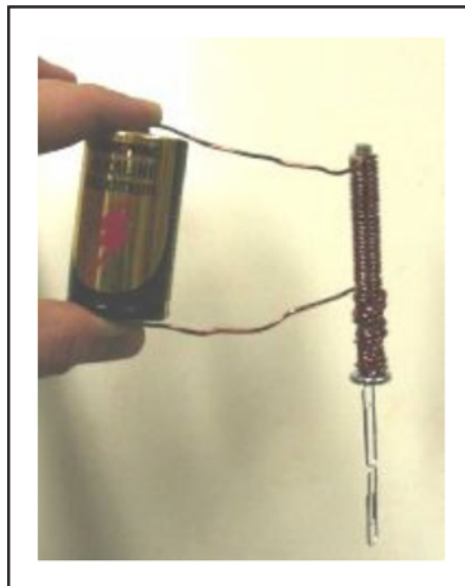


Fig. 24 – Eletroímã

## Motores elétricos

Motores elétricos são equipamentos usados para transformar energia elétrica em energia mecânica e de movimento e podem ser encontrados em várias aplicações, as quais vão desde eletrodomésticos até os sofisticados robôs industriais.

Podem-se encontrar motores de vários tamanhos e formas, com diferentes capacidades de potência e modos variados de funcionamento.

Apesar dessa grande variedade, todos eles compartilham de um mesmo princípio básico para converter eletricidade em movimento, o eletromagnetismo.

Sabe-se que, ao se aproximar dois ímãs entre si, pode-se ter duas reações distintas: atração ou repulsão.

Esses dois comportamentos quando ocorrem produzem movimento em linha reta, mas se forem adaptados os ímãs a algum tipo de eixo consegue-se-á movimento rotativo.

Outro aspecto importante com relação a esse comportamento dos ímãs é que a força com que eles se repelem ou se atraem depende diretamente do tamanho físico dos ímãs empregados. Isto significa que para se ter forças maiores serão necessários ímãs mais pesados, o que pode ser um grande obstáculo para determinadas aplicações. É por esta razão que em motores maiores empregam-se eletroímãs para produzir a força magnética necessária.

Os eletroímãs permitem que se controle sua força de atração/repulsão modificando a intensidade da corrente que eles absorvem.

Como foi visto na terceira aula do curso, toda vez que um condutor elétrico é percorrido por uma corrente de elétrons, surge um campo eletromagnético ao seu redor e esse campo pode interagir com outros campos colocados em suas proximidades.

Graças a essas duas últimas características é que se pode controlar a força e a velocidade dos motores elétricos.

Os motores são constituídos de duas partes fundamentais: o estator e o rotor. Enquanto o estator produz o campo magnético que interage com o rotor para produzir movimento, o último converte a energia elétrica em mecânica transferindo-a para um eixo acoplado a ele.

Tanto o estator quanto o rotor podem ser construídos com ímãs naturais ou com eletroímãs. Mas para que surja movimento e este seja contínuo, os campos produzidos precisam de alguma forma mudar de direção constantemente. Isso é conseguido por meio da comutação da corrente que circula pelas bobinas.



Nos sites [http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor\\_teorias1.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor_teorias1.asp) e <http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico.htm> há explicações mais detalhadas sobre os princípios básicos citados anteriormente.

No vídeo a seguir podem-se acompanhar os eventos que produzem o movimento giratório de um motor: <http://www.youtube.com/watch?v=BBvGhHEjFD8>







## Campo magnético

O magnetismo é a manifestação de uma força proveniente de cargas elétricas em movimento.

Uma fonte natural de campo magnético são os ímãs permanentes, como a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Acreditava-se que o campo magnético não tinha relação com a eletricidade, até que em 1820, Oersted (Hans Christian Oersted, dinamarquês, 1777-1851) descobriu que a corrente elétrica (movimento de elétrons) produzia ao redor de um condutor metálico um campo magnético.

Os estudos do dinamarquês comprovaram que uma corrente elétrica, ao atravessar um condutor retilíneo, produz linhas de campo circulares e concêntricas ao fio, fazendo com o que ele se comporte como um ímã. Se uma bússola, por exemplo, for colocada nas proximidades do fio, poderemos notar a influência desse campo sobre a agulha da bússola:

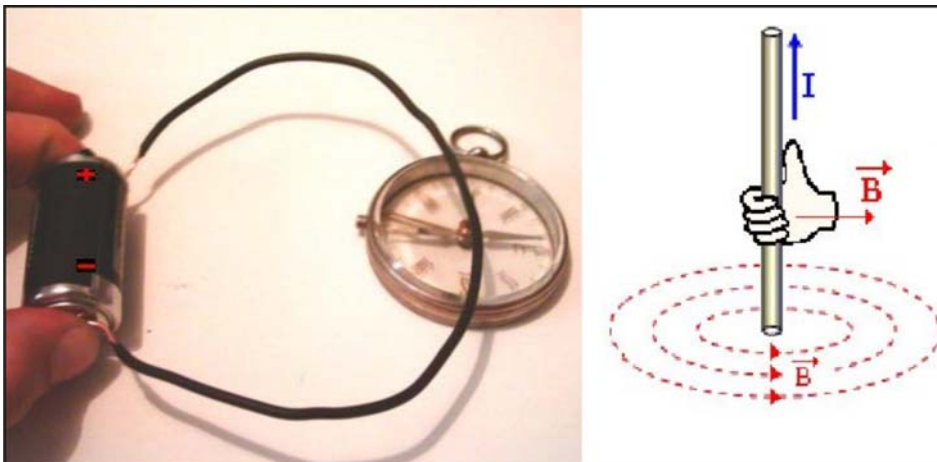


Fig. 1 – Campo magnético ao redor de um condutor (linhas de força).

A intensidade do campo é diretamente proporcional à intensidade da corrente que percorre o fio, e sua direção pode ser determinada pela regra da “mão direita”: se o polegar direito indicar o sentido da corrente no fio, os demais dedos indicarão a direção das linhas de campo.

Quando se enrola o fio em forma de bobina, as linhas de campo de cada espira somam-se entre si, aumentando a intensidade do campo. Neste caso, uma variante da regra da “mão direita” diz que: se os demais dedos indicarem o sentido do fluxo de corrente pela bobina, o polegar apontará o polo norte.

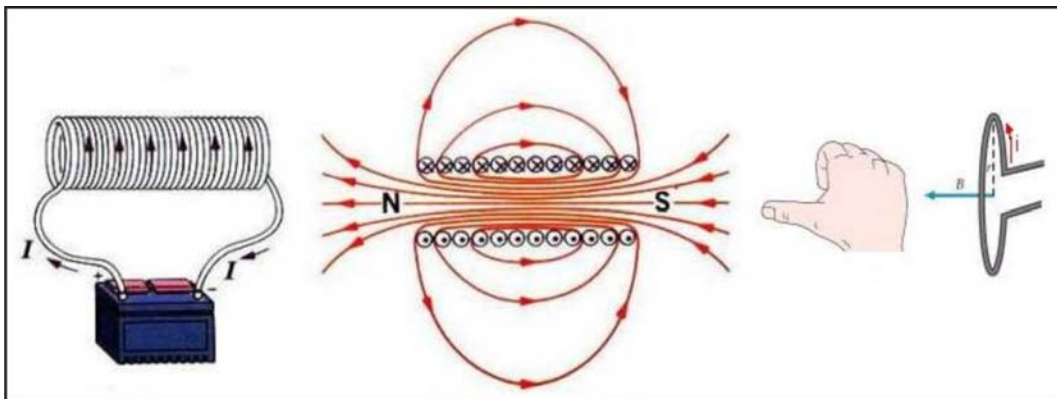


Fig. 2 – Campo magnético formado numa bobina.

## Eletróimã

Se no interior dessas espiras for colocado algum material ferroso, o campo eletromagnético produzido ficará ainda mais intenso. A esta montagem dá-se o nome de eletróimã.

Um experimento interessante para comprovar essa teoria é a confecção de um eletróimã. Ao enrolar um condutor ao redor de uma barra metálica, verifica-se que, quando se aplica uma corrente elétrica a esse condutor, o direcionamento das linhas de campo será concentrado pelo núcleo desse enrolamento, fazendo com que ele funcione como um ímã.

As aplicações de um eletróimã podem ser as mais variadas. São muito utilizados em recicladoras de metais e ferros-velhos, para separar os metais de não-metals. Além disso, são a base de funcionamento dos motores elétricos.

### Como construir um eletróimã?

Para experiências simples, e para levantar alguns objetos metálicos leves, têm-se os seguintes eletróimãs:

- Um prego grande
- Um pedaço de fio encapado
- Uma pilha grande

Enrolar o fio no prego (ver figura a seguir). Quanto mais voltas de fio no metal, melhor. Para evitar que o fio se solte, pode-se usar fita adesiva.

Desencapar as extremidades do fio. Encostar as partes desencapadas nos polos positivo e negativo da pilha.

O eletróimã está pronto!

Pegar objetos leves de metal (clipes, por exemplo), colocá-los próximos ao eletróimã e ver o quanto o ele consegue suportar.



Fig. 3 – Eletroímã

## Motores elétricos

Motores elétricos são equipamentos usados para transformar energia elétrica em energia mecânica e de movimento e podem ser encontrados em várias aplicações, as quais vão desde eletrodomésticos até os sofisticados robôs industriais.

Podem-se encontrar motores de vários tamanhos e formas, com diferentes capacidades de potência e modos variados de funcionamento.

Apesar dessa grande variedade, todos eles compartilham de um mesmo princípio básico para converter eletricidade em movimento, o eletromagnetismo.

Sabe-se que, ao se aproximar dois ímãs entre si, pode-se ter duas reações distintas: atração ou repulsão.

Esses dois comportamentos quando ocorrem produzem movimento em linha reta, mas se forem adaptados os ímãs a algum tipo de eixo conseguir-se-á movimento rotativo.

Outro aspecto importante com relação a esse comportamento dos ímãs é que a força com que eles se repelem ou se atraem depende diretamente do tamanho físico dos ímãs empregados. Isto significa que para se ter forças maiores serão necessários ímãs mais pesados, o que pode ser um grande obstáculo para determinadas aplicações. É por esta razão que em motores maiores empregam-se eletroímãs para produzir a força magnética necessária.

Os eletroímãs permitem que se controle sua força de atração/repulsão modificando a intensidade da corrente que eles absorvem.

Como foi visto na terceira aula do curso, toda vez que um condutor elétrico é percorrido por uma corrente de elétrons, surge um campo eletromagnético ao seu redor e esse campo pode interagir com outros campos colocados em suas proximidades.

Graças a essas duas últimas características é que se pode controlar a força e a velocidade dos motores elétricos.

Os motores são constituídos de duas partes fundamentais: o estator e o rotor. Enquanto o estator produz o campo magnético que interage com o rotor para produzir movimento, o último converte a energia elétrica em mecânica transferindo-a para um eixo acoplado a ele.

Tanto o estator quanto o rotor podem ser constituídos com ímãs naturais ou com eletroímãs. Mas para que surja movimento e este seja contínuo, os campos produzidos precisam de alguma forma mudar de direção constantemente. Isso é conseguido por meio da comutação da corrente que circula pelas bobinas.



## Décima Segunda Aula



Na aula anterior foram discutidos conceitos fundamentais sobre eletromagnetismo e o funcionamento dos eletroímãs. Nessa aula eles serão apresentados na sua aplicação mais usual: os motores elétricos. O objetivo dessa aula é explicar aos jovens o princípio de funcionamento dos motores elétricos CA e CC, bem como suas várias formas construtivas e tipos.



Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Tipos de motores

Há diversos tipos de motores: síncronos, assíncronos, de passo, de gaiola, com ou sem escova (*brushless*), etc.

Os motores podem ser classificados em função do tipo de movimento que produzem e em função do seu modo de funcionamento.

No primeiro caso, são classificados os motores como sendo rotativos ou lineares. Os rotativos são os mais comuns, mas podem-se encontrar motores lineares em aplicações como esteiras, elevadores e até em trens-bala, podendo ser planos ou tubulares.

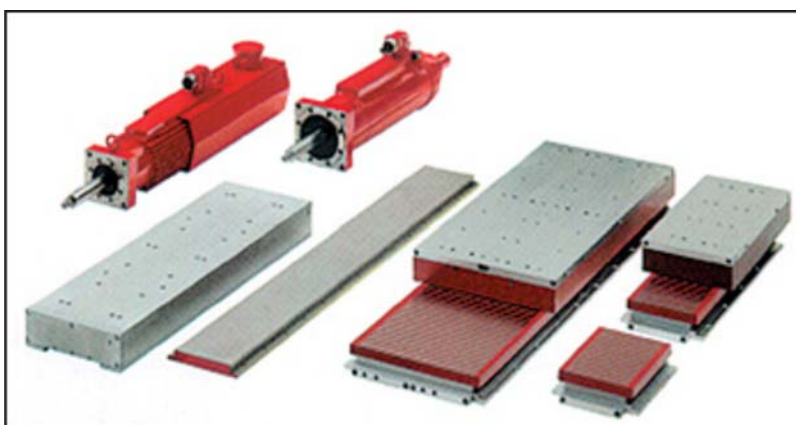


Fig. 25 - Motores rotativos x motor linear.

No segundo caso, a classificação divide os motores em CC ou CA, dependendo de como o campo magnético é produzido.

No caso dos motores CC, o giro do rotor é controlado por meio da comutação da corrente que circula pelas suas bobinas. Isso faz com que a polaridade magnética do campo produzido por ele também comute a cada volta interagindo com o campo do estator e gerando o movimento. Tanto o rotor quanto o estator podem ser construídos com ímãs ou eletroímãs. Vide figura a seguir.

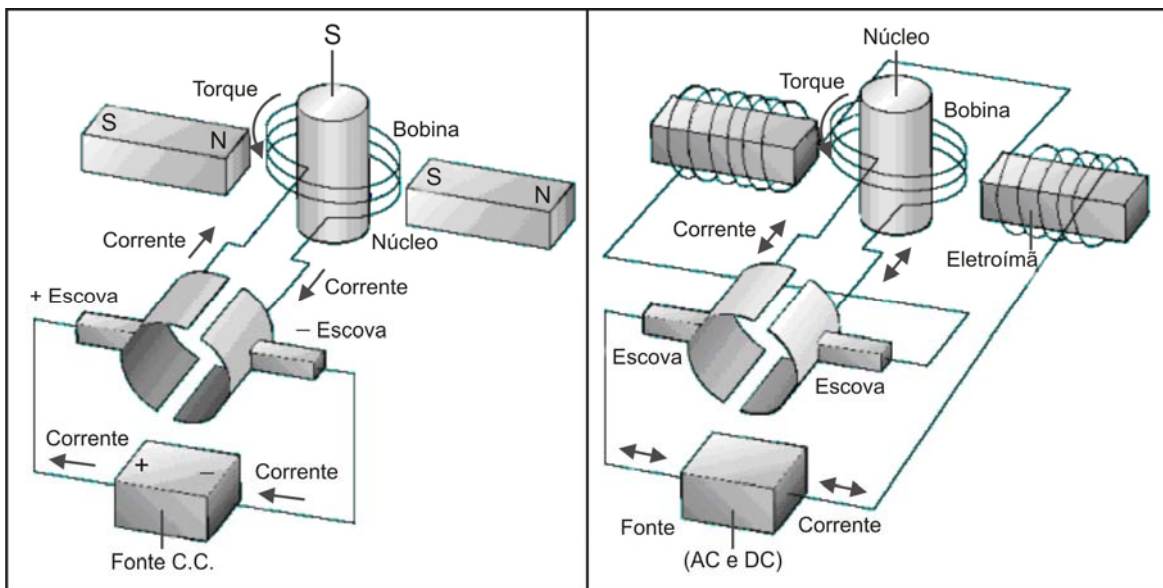


Fig. 26 - Estator com ímã permanente x estator com eletroímã.

No caso dos motores CA, o princípio básico é o do campo girante. Ou seja, em vez de se comutar a corrente do rotor de modo a mudar a polaridade de seu campo, o que se faz é construir o rotor com ímã permanente e o estator dividido em polos ou sapatas que produzem um campo magnético que gira em torno do rotor de acordo com a alimentação que os polos do estator recebem. Esse é também o princípio dos motores de passo.

Desta forma pode-se controlar a velocidade de giro do rotor alterando-se a frequência do sinal aplicado ao estator. Quanto maior for a frequência, mais rápido o campo do estator girará arrastando com ele o rotor. Esse tipo de motor é também conhecido como motor síncrono, pois o rotor acompanha a velocidade do campo girante.



Neste vídeo é explicado como funciona o campo girante e o princípio dos motores trifásicos:  
[http://www.youtube.com/watch?v=rbU\\_JAT6VA4](http://www.youtube.com/watch?v=rbU_JAT6VA4)

Nos motores CA assíncrono, também conhecidos como gaiola de esquilo, o rotor é composto por uma estrutura que lembra aquelas gaiolas de esquilo, comuns em desenho animado ou em alguns filmes. Vide figura.

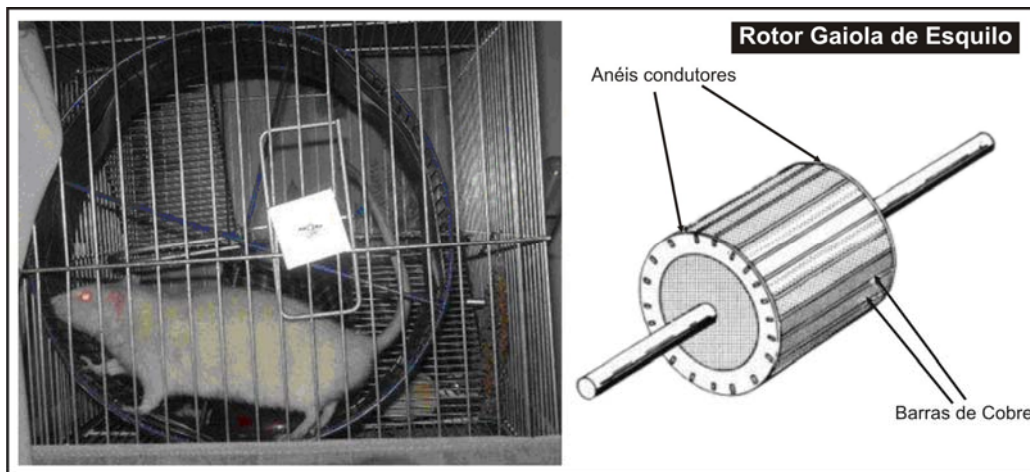


Fig. 27 - Rotor gaiola de esquilo.

Nesse motor o que ocorre é um princípio de indução eletromagnética, ou seja, quando o campo gira em torno do rotor é induzida uma corrente elétrica nas barras de cobre que o compõe. Essa corrente é proporcional à velocidade de giro do campo em relação ao rotor.

Quando essa corrente circula pelo rotor, ela produz um campo magnético que interage com o campo girante, como se o rotor fosse um ímã permanente. Isso faz o rotor girar, mas note-se que se ele atingir a mesma velocidade do campo girante a corrente cessa e seu magnetismo desaparece. Portanto, para funcionar, o rotor deverá sempre estar a uma velocidade inferior à do campo girante, por isso é considerado um motor assíncrono. A diferença de velocidade entre o campo girante e o rotor é chamada de escorregamento e é geralmente expressa em porcentagem.

Outro tipo de motor muito comum, usado em computadores, impressoras, máquinas e robôs industriais é o motor de passo, que possibilita controlar com precisão o posicionamento do seu eixo, por meio de energização sequenciada das bobinas do estator.

Nesse tipo de motor o rotor é composto por um conjunto de ímãs permanentes dentados, lembrando muito uma pequena engrenagem. O estator é composto por polos onde são enroladas bobinas de fio de modo a compor um eletroímã cada um. Vide figura a seguir:

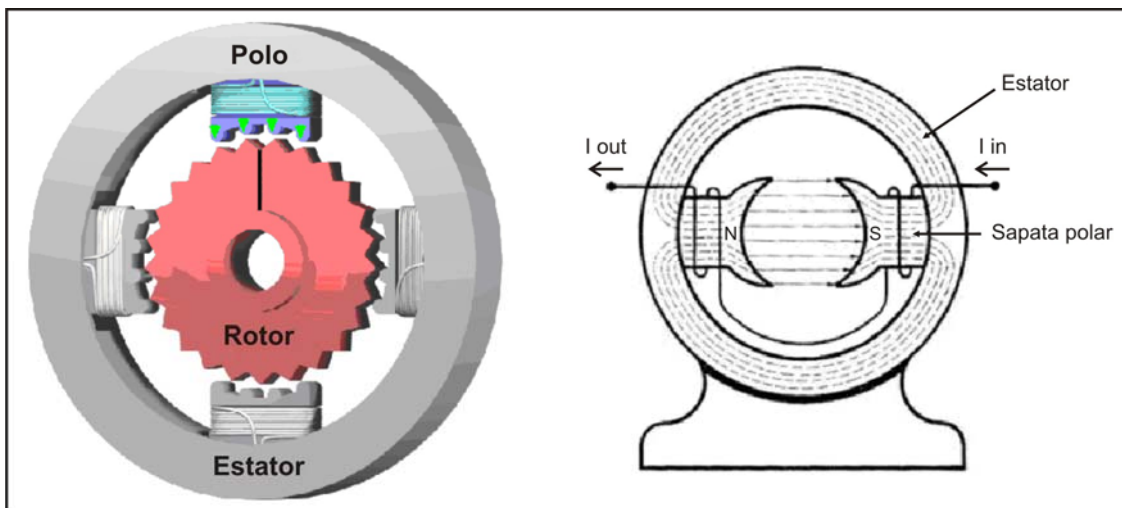


Fig. 28 - Estrutura do motor de passo e campo formado no estator.

Neste motor os polos são energizados sequencialmente de modo a produzir um campo girante que o rotor acompanha. Porém, devido à natureza dessa energização, consegue-se estabelecer pontos estacionários para o rotor, o que permite controlar sua posição por meio de pulsos digitais. Vide figura:

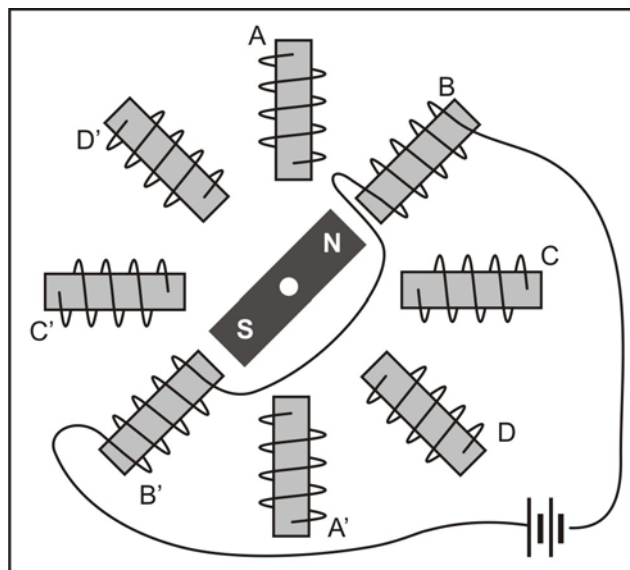


Fig. 29 - Acionamento do motor de passo.

O acionamento desse tipo de motor pode ser:

- **Full-step** – Onde cada par de polos opostos (A/A', B/B', etc.) é energizado sequencialmente, fazendo com que o rotor pare alinhado como os polos. Consegue-se alto torque, porém pouca resolução.
- **Half-step** – Nesse caso, entre o acionamento de um par de polos e outro, ocorre a energização simultânea de dois pares, que fazem com que o rotor pare em



pontos intermediários. Resolução maior do que no modo *full-step*.

- **Micro-step** – Nesse tipo de acionamento, com controles muito sofisticados de corrente é possível reduzir ainda mais a distância entre um ponto de parada e outro. Mas para isso é necessário controlar gradativamente a diminuição de energia de um par de polos enquanto se aumenta a do outro. Conseguem-se com isso altas resoluções de parada e um movimento mais suave, muito próximo do conseguido com motores CA, mas perde-se em torque.

**Educador**, se houver disponibilidade e for possível, mostre um exemplo desses motores desmontados para que os jovens identifiquem suas partes componentes. Isso pode ser feito com motor de sucata.



Neste vídeo (em inglês) é explicado como funcionam os modos de acionamento de um motor de passo: <http://www.youtube.com/watch?v=wsTSHubuq90>

Mais vídeos como esse podem ser encontrados no canal: <http://www.youtube.com/user/MicrochipTechnology>

**Educador**, a finalidade dos vídeos é meramente ilustrativa e com sua experiência, é possível descrever o que está acontecendo não sendo necessário o uso do áudio em inglês. Portanto, fique tranquilo caso não seja possível a reprodução do vídeo em sua escola.





## Tipos de motores

Há diversos tipos de motores: síncronos, assíncronos, de passo, de gaiola, com ou sem escova (*brushless*), etc.

Os motores podem ser classificados em função do tipo de movimento que produzem e em função do seu modo de funcionamento.

No primeiro caso, são classificados os motores como sendo rotativos ou lineares. Os rotativos são os mais comuns, mas podem-se encontrar motores lineares em aplicações como esteiras, elevadores e até em trens-bala, podendo ser planos ou tubulares.

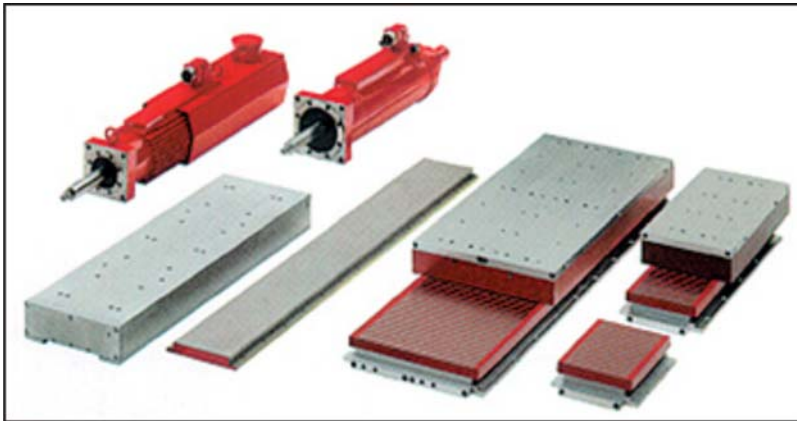


Fig. 1 - Motores rotativos x motor linear.

No segundo caso, a classificação divide os motores em CC ou CA, dependendo de como o campo magnético é produzido.

No caso dos motores CC, o giro do rotor é controlado por meio da comutação da corrente que circula pelas suas bobinas. Isso faz com que a polaridade magnética do campo produzido por ele também comute a cada volta interagindo com o campo do estator e gerando o movimento. Tanto o rotor quanto o estator podem ser construídos com ímãs ou eletroímãs. Vide figura.

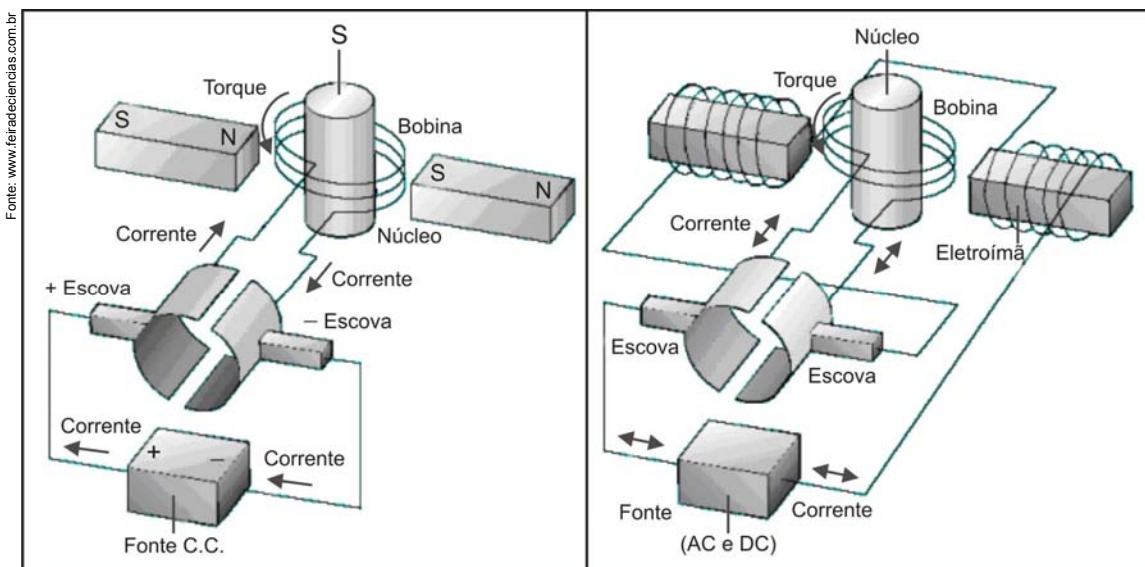


Fig. 2 - Estator com ímã permanente x estator com eletroímã.

No caso dos motores CA, o princípio básico é o do campo girante. Ou seja, em vez de se comutar a corrente do rotor de modo a mudar a polaridade de seu campo, o que se faz é construir o rotor com ímã permanente e o estator dividido em polos ou sapatas que produzem um campo magnético que gira em torno do rotor de acordo com a alimentação que os polos do estator recebem. Esse é também o princípio dos motores de passo.

Desta forma pode-se controlar a velocidade de giro do rotor alterando-se a frequência do sinal aplicado ao estator. Quanto maior for a frequência, mais rápido o campo do estator girará arrastando com ele o rotor. Esse tipo de motor é também conhecido como motor síncrono, pois o rotor acompanha a velocidade do campo girante.

Nos motores CA assíncrono, também conhecidos como gaiola de esquilo, o rotor é composto por uma estrutura que lembra aquelas gaiolas de esquilo, comuns em desenho animado ou em alguns filmes. Vide figura.

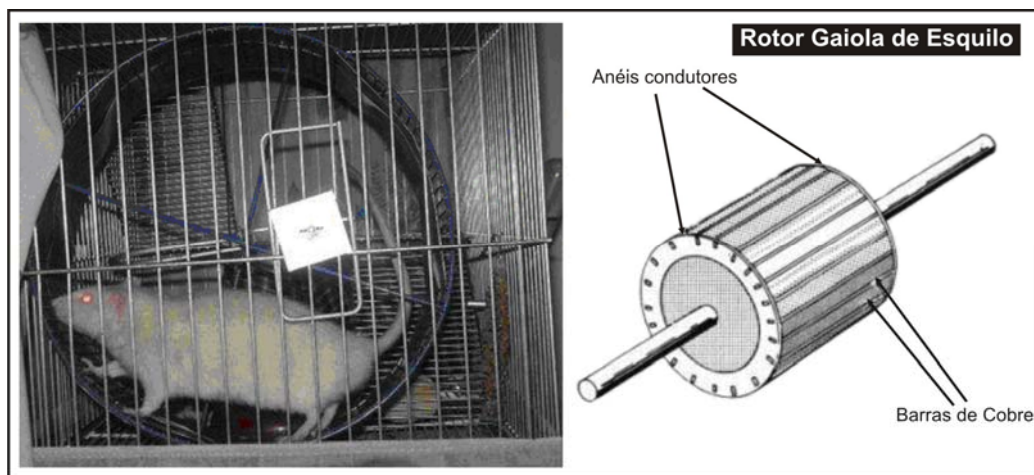


Fig. 3 - Rotor gaiola de esquilo.

Nesse motor o que ocorre é um princípio de indução eletromagnética, ou seja, quando o campo gira em torno do rotor é induzida uma corrente elétrica nas barras de cobre que o compõe. Essa corrente é proporcional à velocidade de giro do campo em relação ao rotor.

Quando essa corrente circula pelo rotor, ela produz um campo magnético que interage com o campo girante, como se o rotor fosse um ímã permanente. Isso faz o rotor girar, mas note-se que se ele atingir a mesma velocidade do campo girante a corrente cessa e seu magnetismo desaparece. Portanto, para funcionar, o rotor deverá sempre estar a uma velocidade inferior à do campo girante, por isso é considerado um motor assíncrono. A diferença de velocidade entre o campo girante e o rotor é chamada de escorregamento e é geralmente expressa em porcentagem.

Outro tipo de motor muito comum, usado em computadores, impressoras, máquinas e robôs industriais é o motor de passo, que possibilita controlar com precisão o posicionamento do seu eixo, por meio de energização sequenciada das bobinas do estator.

Nesse tipo de motor o rotor é composto por um conjunto de ímãs permanentes dentados, lembrando muito uma pequena engrenagem. O estator é composto por polos onde são enroladas bobinas de fio de modo a compor um eletroímã cada um. Vide figura a seguir:

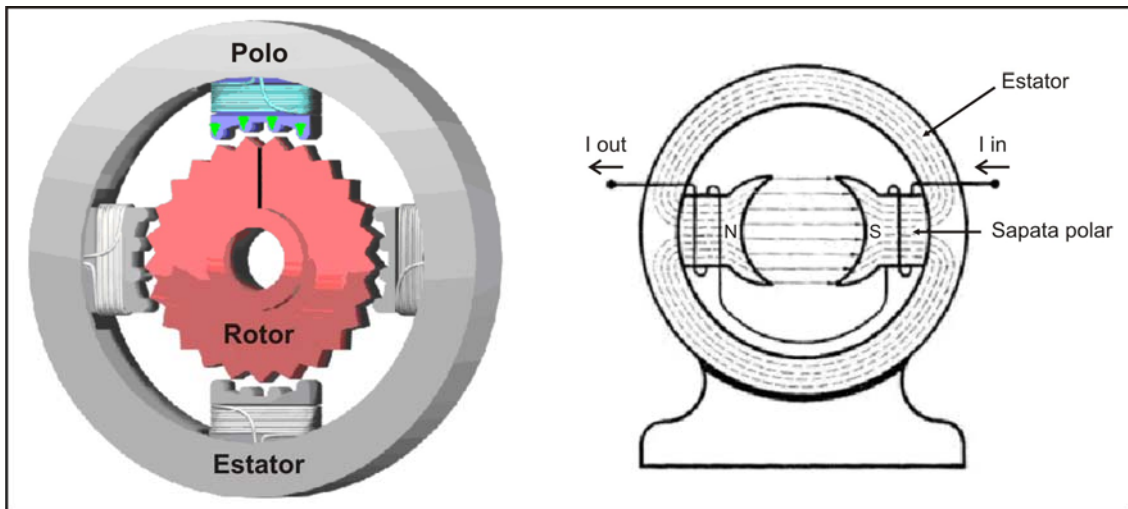


Fig. 4 - Estrutura do motor de passo e campo formado no estator.

Neste motor os polos são energizados sequencialmente de modo a produzir um campo girante que o rotor acompanha. Porém, devido à natureza dessa energização, consegue-se estabelecer pontos estacionários para o rotor, o que permite controlar sua posição por meio de pulsos digitais. Vide figura:

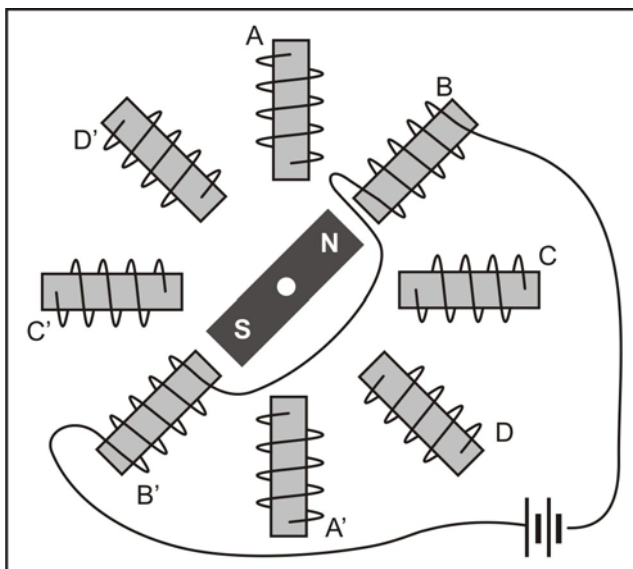


Fig. 5 - Aacionamento do motor de passo.

O acionamento desse tipo de motor pode ser:

- **Full-step** – Onde cada par de polos opostos (A/A', B/B', etc.) é energizado sequencialmente, fazendo com que o rotor pare alinhado como os polos. Consegue-se alto torque, porém pouca resolução.
- **Half-step** – Nesse caso, entre o acionamento de um par de polos e outro, ocorre a energização simultânea de dois pares, que fazem com que o rotor pare em pontos intermediários. Resolução maior do que no modo *full-step*.
- **Micro-step** – Nesse tipo de acionamento, com controles muito sofisticados de corrente é possível reduzir ainda mais a distância entre um ponto de parada e outro. Mas para isso é necessário controlar gradativamente a diminuição de energia de um par de polos enquanto se aumenta a do outro. Conseguem-se com isso altas resoluções de parada e um movimento mais suave, muito próximo do conseguido com motores CA, mas perde-se em torque.



## Décima Terceira Aula



Nessa aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde devem entender o conceito de campo magnético e o funcionamento de um eletroímã. Farão, também, um ensaio para compreender o princípio de funcionamento dos motores elétricos.



### Passo 1 / Atividade prática - Preparação



5 min

Disponibilize aos jovens os seguintes componentes para a execução da atividade:

- Um prego grande
- Um pedaço de fio encapado (pelo menos 30 cm)
- Uma pilha grande
- Limalha de ferro
- Clipes para papel
- Alicates de corte
- Uma folha de papel A4
- Um ímã (pode ser retirado de velhas caixas acústicas).



### Passo 2 / Atividade prática - Experimento



15 min

#### Eletroímã

Enrole o fio no prego (ver a figura a seguir). Quanto mais voltas de fio no metal, mais intenso será o campo produzido.

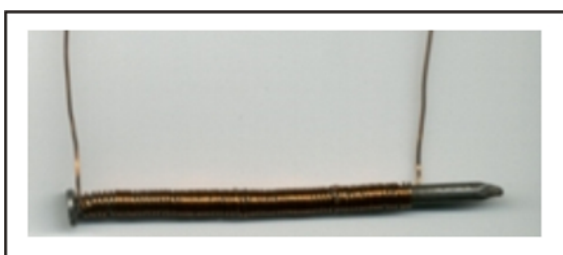


Fig. 30 – Eletroímã rudimentar.

Desencape as extremidades do fio. Encoste as partes desencapadas nos polos positivo e negativo da pilha.

O eletroímã está pronto!

Pegar objetos de metal leves (clipes, por exemplo), colocá-los próximos do eletroímã e ver o quanto ele consegue suportar.

Utilizar o eletroímã para atrair a limalha de ferro espalhada sobre a folha A4.

### Campo magnético

Espalhar a limalha de ferro sobre o papel A4.

Levantar a folha com cuidado e colocá-la sobre o ímã (pode ser conseguido em velhas caixas de som) de forma centralizada.

Pedir para os jovens observarem o que está acontecendo e discutirem sobre a experiência.



Acompanhe a execução da atividade prática e oriente-os sobre o que está acontecendo e quais resultados deveriam ser obtidos.



## Passo 3 / Atividade prática - Preparação



5 min

**Educador**, nessa atividade os jovens construirão um motor elementar. A ideia aqui é compreender como é possível obter torque (força de giro) a partir de um campo eletromagnético.

Disponibilize aos jovens os seguintes itens para a montagem do experimento:

- Uma pilha grande – 1,5V
- Clipes para papel
- Aproximadamente 80 cm de fio de cobre esmaltado
- Fita adesiva
- Tesoura sem ponta
- Um ímã em barra pequeno de aproximadamente 3 ou 4 cm
- Alicates de corte





Uma forma interessante de demonstrar o princípio de funcionamento de motores elétricos é construindo um com materiais simples, tais como: pilha, cliques, fio esmaltado e ímã.

Neste *link*: <http://www.youtube.com/watch?v=Mdc4D8idxEs> há um exemplo de como implementar este experimento.

Caso queira tentar uma versão mais sofisticada deste experimento verifique o *link*:  
<http://escolademecanica.wordpress.com/2007/09/19/44/>



## Passo 4 / Atividade prática - Experimento



25 min

Peça aos jovens que montem seus respectivos motores, demonstrando a eles antes os procedimentos como visto no *link* acima.

Os jovens deverão observar o funcionamento do motorzinho e explicar como isso acontece, com base nos conceitos estudados na aula anterior. Estimule-os a tentar variações no experimento, como, por exemplo, alterar o número de espiras ou a quantidade de ímãs e registrar o que acontece.



Peça aos jovens que adicionem uma segunda pilha em série com a primeira, aumentando assim a voltagem resultante. Pode ser usado um porta-pilhas, com quatro pilhas AA. O aumento na voltagem acarretará uma maior velocidade de giro da espira. Numa variante deste experimento, pode-se colocar um potenciômetro de baixo valor ôhmico em série no circuito de modo a controlar a velocidade de giro.



## Passo 5 / Atividade prática - Conclusões



10 min

Peça aos jovens para que tomem nota dos fatores observados a respeito do funcionamento do motor e elaborem um relatório que deverá conter:

- breve introdução teórica;
- desenvolvimento das atividades (descrição dos passos e ilustrações);
- variações testadas;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

Os jovens deverão observar o funcionamento do motorzinho elétrico para várias combinações de espiras e pilhas e registrarem suas impressões.

A conclusão do relatório deverá conter comentários detalhados sobre cada cenário testado.

No desenvolvimento das atividades os jovens deverão registrar:

- equipamentos utilizados;
- testes realizados;
- conclusões sobre o observado;
- materiais e ferramentas utilizados;
- procedimentos executados.

O relatório poderá ser entregue na aula seguinte.

Comente com os jovens sobre as atividades executadas e os resultados que deveriam ser obtidos, incentivando-os a pesquisarem sobre o assunto para elaborarem um relatório com maior qualidade.



Outro experimento que pode ser tentado é relativo aos motores de passo. No *link* abaixo há uma sugestão de como implementá-lo: <http://www.youtube.com/watch?v=dS7tl75JczY>



## Décima Quarta Aula

Nas aulas anteriores estudamos o funcionamento básico dos motores elétricos. Porém, na prática um motor para ser usado de maneira eficiente precisa de um sistema de acionamento e controle que permita ajustar sua velocidade, aceleração e torque.

Para se obter o controle dessas grandezas o motor deve ser provido de sensores e um sistema básico de realimentação. Motores com estas características são conhecidos como Servomotores e o objetivo desta aula é descrever seus princípios de funcionamento e aplicações.



Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

Foram vistos nas aulas anteriores os fundamentos que regem o funcionamento de motores elétricos. Mas para que se possa tirar proveito máximo de suas capacidades, é necessário implementar algum tipo de controle de modo a fazer com que o motor execute ações determinadas tais como: acelerar, desacelerar, parar, mudar de direção, controlar a posição do eixo e a força (torque) do giro. Tais características são largamente empregadas em robôs e máquinas de usinagem, por exemplo.

Quando se acopla algum tipo de controle a um motor, permitindo monitorar sua velocidade ou posição, obtém-se o que é chamado de servomotor.

## Servomotores

O princípio básico por trás de um servomotor é a realimentação de informações relativas à posição e velocidade de seu eixo para um circuito controlador, de modo que este possa fazer os ajustes necessários de torque, velocidade e posição.

Isso é conseguido por meio do acoplamento de sensores tais como tacômetros, *encoders* e *resolvers* ao eixo do motor. Tais sensores fornecem informação sobre a velocidade e a exata posição do eixo em um dado instante, e essa informação é usada pelo circuito de controle para gerar as correntes necessárias que vão movimentar, acelerar, desacelerar ou reter o eixo.



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos sobre o tema. Para ilustrar melhor os conceitos acima, sugere-se: <http://www.youtube.com/watch?v=1udNluniufU>

Este também é o princípio de funcionamento dos chamados motores *BrushLess* (sem escovas). Num motor CC convencional, para se conseguir alto torque, o rotor é constituído de várias espiras independentes, conectadas à fonte de energia por meio de um par de escovas de carvão, que literalmente varre os contatos coletores do rotor, comutando a energia entre as bobinas que compõem o rotor (ou induzido). Porém, essa forma de transferência de energia é pouco eficiente, pois gera muito calor, desperdiçando parte da energia usada no acionamento em forma de energia térmica.

Para contornar isso, os motores sem escova usam um mecanismo de comutação diferente, baseado num sensor de posição, acoplado ao eixo do rotor, que alimenta o circuito de controle com informações de posição. Desta forma o campo é comutado no estator e não no rotor,

princípio este muito similar ao do motor de passos, já que aqui o rotor também é feito com um ímã permanente.

Desta forma o circuito de controle do motor pode liberar a energia elétrica de forma sincronizada com o eixo do rotor. Isto permite atingir altos níveis de torque, além de aproveitar a energia de forma mais eficiente.

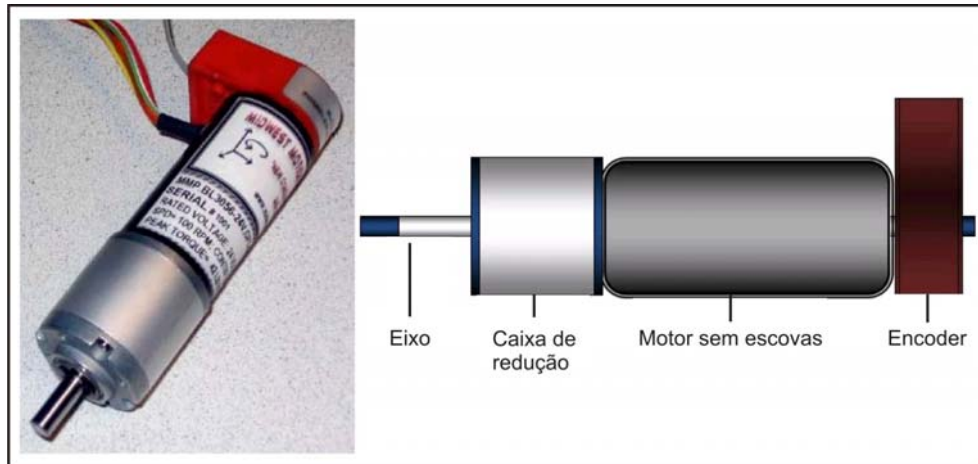


Fig. 31 - Exemplo de servomotor.

A caixa de redução é necessária porque esse tipo de motor pode girar a altas velocidades, mas como o torque é inversamente proporcional à velocidade, a caixa de redução transforma o alto giro em poucas rotações por meio de um conjunto de engrenagens. Com isso se conseguem poucas rotações, mas com grande torque.

Os servomotores são encontrados nas mais variadas formas, tamanhos e potências. São empregados na constituição de servomecanismos, ou seja, mecanismos controláveis, como é o caso de robôs, máquinas CNC, centros de usinagem, etc. A figura a seguir ilustra alguns tipos que podem ser encontrados.



Fig. 32 - Variedade de servomotores.

**Educador**, se houver disponibilidade e for possível, mostre um exemplo desses motores desmontados para que os jovens identifiquem suas partes componentes. Isso pode ser feito com motor de sucata.

O controle de velocidade, torque e posicionamento dos servomotores é realizado por servocontroladores eletrônicos e inversores de frequência, que produzem os sinais de acordo com as informações realimentadas pelos sensores acoplados aos eixos.

Na próxima aula serão abordados os princípios de funcionamento de tais controladores.





## Servomotores

Foram vistos nas aulas anteriores os fundamentos que regem o funcionamento de motores elétricos. Mas para que se possa tirar proveito máximo de suas capacidades, é necessário implementar algum tipo de controle de modo a fazer com que o motor execute ações determinadas tais como: acelerar, desacelerar, parar, mudar de direção, controlar a posição do eixo e a força (torque) do giro. Tais características são largamente empregadas em robôs e máquinas de usinagem, por exemplo.

Quando se acopla algum tipo de controle a um motor, permitindo monitorar sua velocidade ou posição, obtém-se o que é chamado de servomotor.

O princípio básico por trás de um servomotor é a realimentação de informações relativas à posição e velocidade de seu eixo para um circuito controlador, de modo que este possa fazer os ajustes necessários de torque, velocidade e posição.

Isso é conseguido por meio do acoplamento de sensores tais como tacômetros, *encoders* e *resolvers* ao eixo do motor. Tais sensores fornecem informação sobre a velocidade e a exata posição do eixo em um dado instante, e essa informação é usada pelo circuito de controle para gerar as correntes necessárias que vão movimentar, acelerar, desacelerar ou reter o eixo.

Este também é o princípio de funcionamento dos chamados motores *BrushLess* (sem escovas). Num motor CC convencional, para se conseguir alto torque, o rotor é constituído de várias espiras independentes, conectadas à fonte de energia por meio de um par de escovas de carvão, que literalmente varre os contatos coletores do rotor, comutando a energia entre as bobinas que compõem o rotor (ou induzido). Porém, essa forma de transferência de energia é pouco eficiente, pois gera muito calor, desperdiçando parte da energia usada no acionamento em forma de energia térmica.

Para contornar isso, os motores sem escova usam um mecanismo de comutação diferente, baseado num sensor de posição, acoplado ao eixo do rotor, que alimenta o circuito de controle com informações de posição. Desta forma o campo é comutado no estator e não no rotor, princípio este muito similar ao do motor de passos, já que aqui o rotor também é feito com um ímã permanente.

Desta forma o circuito de controle do motor pode liberar a energia elétrica de forma sincronizada com o eixo do rotor. Isto permite atingir altos níveis de torque, além de aproveitar a energia de forma mais eficiente.

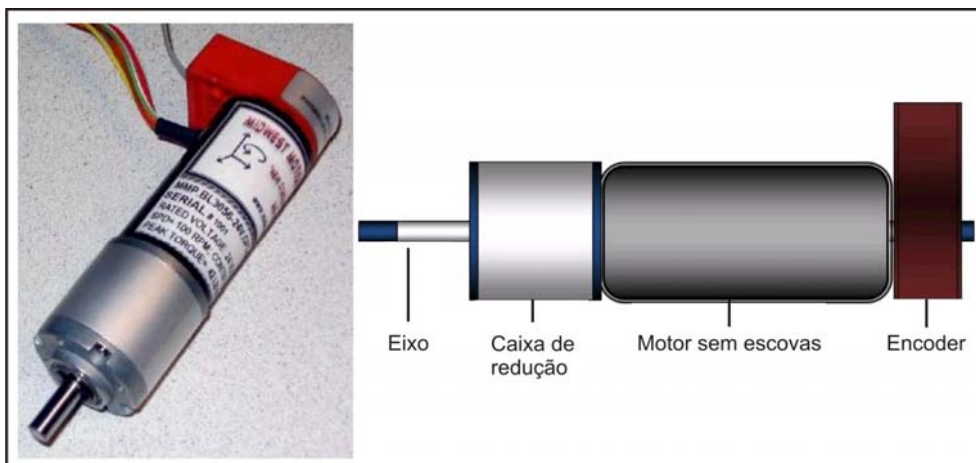


Fig. 1 - Exemplo de servomotor.

A caixa de redução é necessária porque esse tipo de motor pode girar a altas velocidades, mas como o torque é inversamente proporcional à velocidade, a caixa de redução transforma o alto giro em poucas rotações por meio de um conjunto de engrenagens. Com isso se conseguem poucas rotações, mas com grande torque.

Os servomotores são encontrados nas mais variadas formas, tamanhos e potências. São empregados na constituição de servomecanismos, ou seja, mecanismos controláveis, como é o caso de robôs, máquinas CNC, centros de usinagem, etc. A figura a seguir ilustra alguns tipos que podem ser encontrados.



Fig. 2 - Variedade de servomotores.

O controle de velocidade, torque e posicionamento dos servomotores é realizado por servocontroladores eletrônicos e inversores de frequência, que produzem os sinais de acordo com as informações realimentadas pelos sensores acoplados aos eixos.



## Décima Quinta Aula



Como foi visto na aula anterior, os motores providos de sensores são conhecidos como servomotores e podem ser controlados em termos de velocidade, aceleração, posição e torque do eixo. O sistema eletrônico que realiza este controle é chamado de servocontrolador e no caso de motores de corrente alternada possui um módulo chamado inversor de frequência que gera a corrente alternada necessária para o acionamento a partir de fontes de corrente contínua.

Nessa aula serão passados os conceitos relativos aos inversores de frequência e servocontroladores, sua finalidade e modo de funcionamento.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

Nas aulas anteriores foram vistos os fundamentos do funcionamento de motores e servomotores. Foi explicado que para cada tipo de motor funcionar, deve haver uma alimentação apropriada.

Nessa aula serão estudadas as formas de acionamento mais importantes e como entender o que ocorre dentro de um servocontrolador e de um inversores de frequência.

### Acionamento de motores CC e servocontroladores

Motores do tipo CC precisam receber uma alimentação de corrente contínua para entrarem em funcionamento. Pode-se controlar a velocidade desse tipo de motor por meio do ajuste da intensidade de corrente que ele recebe. Um exemplo simples desse tipo de controle está esquematizado a seguir.

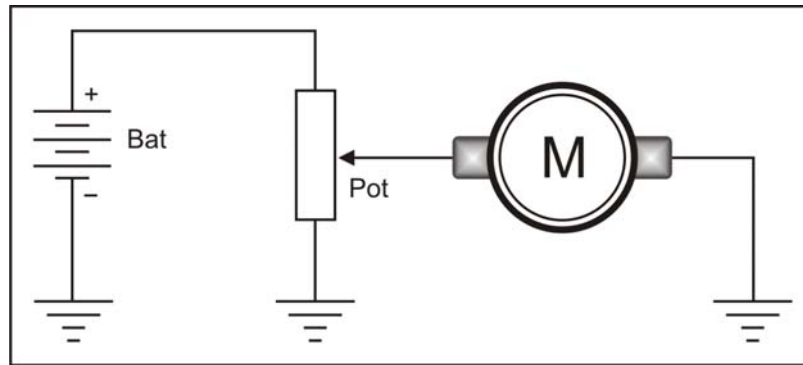


Fig. 33 - Acionamento simples de motor CC.

Ao se movimentar o potenciômetro (ou reostato) altera-se o fluxo de corrente para o motor e conseqüentemente sua velocidade. Apesar de simples, esse ajuste só serve para motores de pequeno porte, onde a corrente é pequena, pois uma parcela da energia é dissipada no próprio potenciômetro. Além disso, é um ajuste manual e não serve para as aplicações de servomecanismos como robôs e máquinas CNC.

A maneira mais recomendada quando se deseja o controle mais preciso do motor é o emprego de acionamento por PWM (*Pulse Width Modulation*), ou seja, modulação por largura de pulso. Neste caso o motor é alimentado por amplificador em ponte H, que recebe pulsos complementares, ou seja, o sinal injetado em um lado da ponte é o inverso do injetado no outro lado. O controle da velocidade se dá por meio do ajuste da largura dos pulsos (duração do pulso = *duty cycle*). Vide figura:

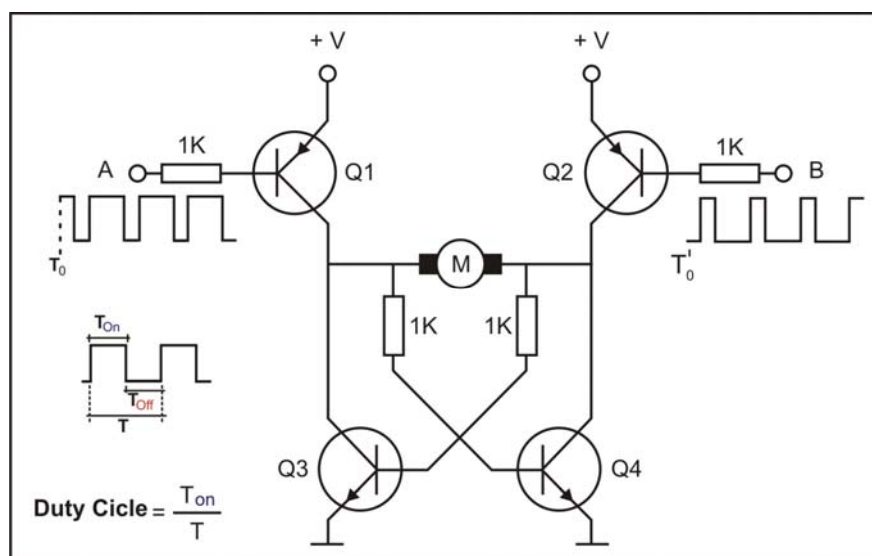


Fig. 34 - Acionamento PWM usando ponte H.

No circuito anterior os transistores Q1/Q4 e Q2/Q3 operam como chaves comutando a voltagem de alimen-

tação para o motor. No entanto, cada par trabalha complementar ao outro de modo que, quando Q1/Q4 estão conduzindo, a corrente passa no motor em uma direção, enquanto Q2/Q3 permanecem desligados. No ciclo seguinte os papéis se invertem e é a vez de Q2/Q3 permitirem a passagem de corrente pelo motor, mas agora no sentido inverso ao anterior.

Se o sinal de controle injetado nos pontos A e B for muito lento, o motor girará ora num, ora noutro sentido. Mas à medida que a frequência do sinal aumenta, o motor já não é mais capaz de acompanhar essa oscilação e fica estático, ainda que esteja energizado.

O controle por PWM é feito pelo ajuste do *duty cycle*, que corresponde à relação entre o período ligado,  $T_{ON}$ , e o período total do sinal de controle,  $T$ . Quando os pulsos possuem a mesma largura, ou seja, o tempo ligado é igual ao tempo desligado, temos um *duty cycle* de 50% e a ponte fica em equilíbrio, pois a corrente média que passa pelo motor é nula. Dessa forma o motor fica parado, mas energizado.

Se o tempo ligado aumentar em relação ao desligado, ou seja, *duty cycle* >50%, a corrente média aumenta positivamente e o motor gira para um lado. Quanto maior a porcentagem, maior a velocidade.

Se o tempo do pulso diminuir (*duty cycle* <50%) a corrente média através do motor muda de polaridade e o motor gira no sentido oposto. Quanto mais se aproximar do 0%, mais rápido gira o motor no sentido oposto. Vide figura.

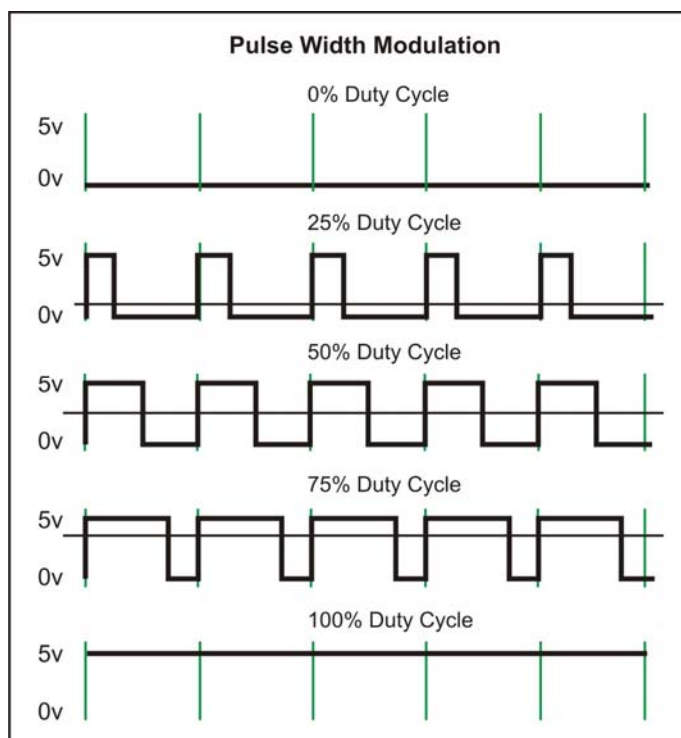


Fig. 35 - Variação do *duty cycle* num acionamento PWM.

Com esse tipo de controle consegue-se além do ajuste de velocidade, também o controle de parada do motor.

O equipamento usado para realizar esse tipo de acionamento é o servocontrolador, que, por meio da realimentação de sinais vindos do sensor acoplado ao eixo do motor, consegue controlar a ativação, aceleração/desaceleração, velocidade e parada do motor, bem como o torque fornecido por ele.

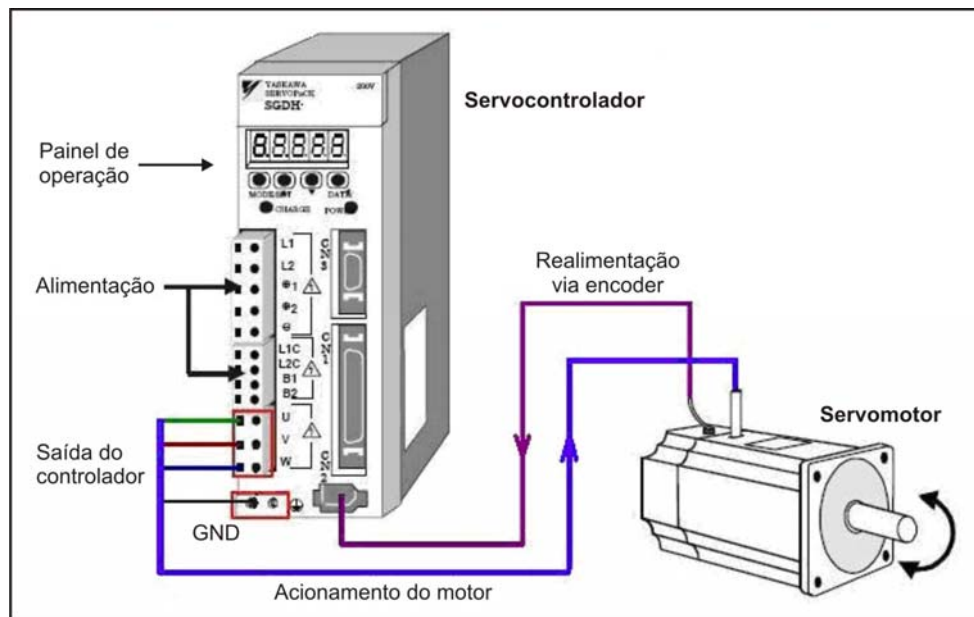


Fig. 36 – Motor e servocontrolador.

## Acionamento de motores CA e inversores de frequência

Como foi visto anteriormente, o acionamento de motores CA ocorre por meio do controle de um campo girante criado pelo estator do motor. Para controlar a velocidade de giro do motor controla-se a velocidade do campo girante. E para se conseguir isso é preciso alterar a frequência do sinal que alimenta o motor CA.

A energia fornecida pelas tomadas de força, apesar de ser alternada, possui uma frequência fixa de 60 hz. Para que se consiga controlar essa frequência torna-se necessário realizar algumas transformações no sinal.

O processo consiste no seguinte: o sinal é retificado e convertido em corrente contínua; em seguida é passado por um circuito chamado conversor de frequência que gera oscilações controladas a partir da corrente contínua fornecida. Essas oscilações são produzidas em forma de três ondas senoidais diferentes, defasadas de 120° entre si, caracterizando assim um sinal trifásico. Esse sinal é

usado para alimentar amplificadores ligados aos polos estatores do motor.

Ao se alterar a frequência do sinal muda-se a velocidade do campo girante e com isso a velocidade do motor.

A figura a seguir mostra um exemplo simplificado desse tipo de acionamento.

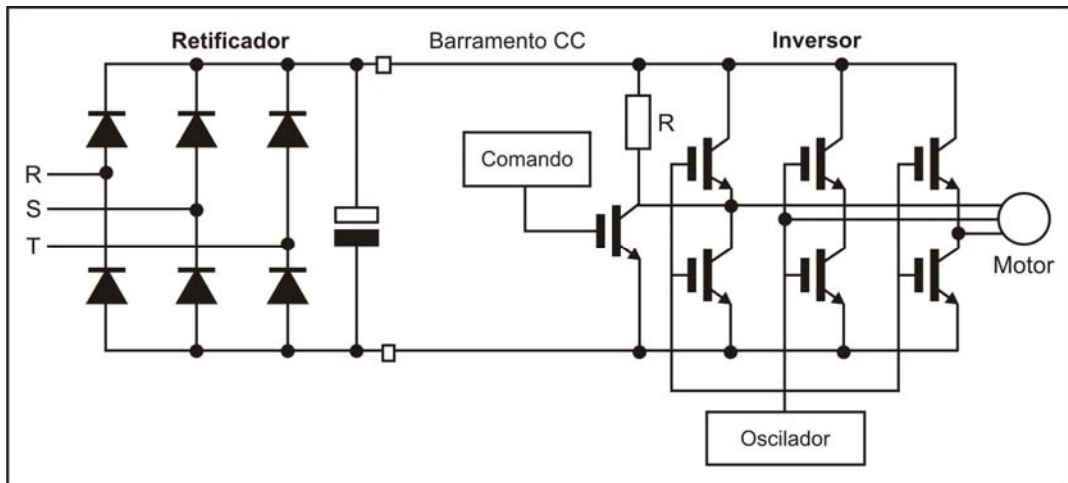


Fig. 37 - Estrutura de um inversor de frequência.

No motor as ondas produzidas vão gerar um campo magnético entre seus pares de polos que gira à medida que as ondas interagem no tempo.

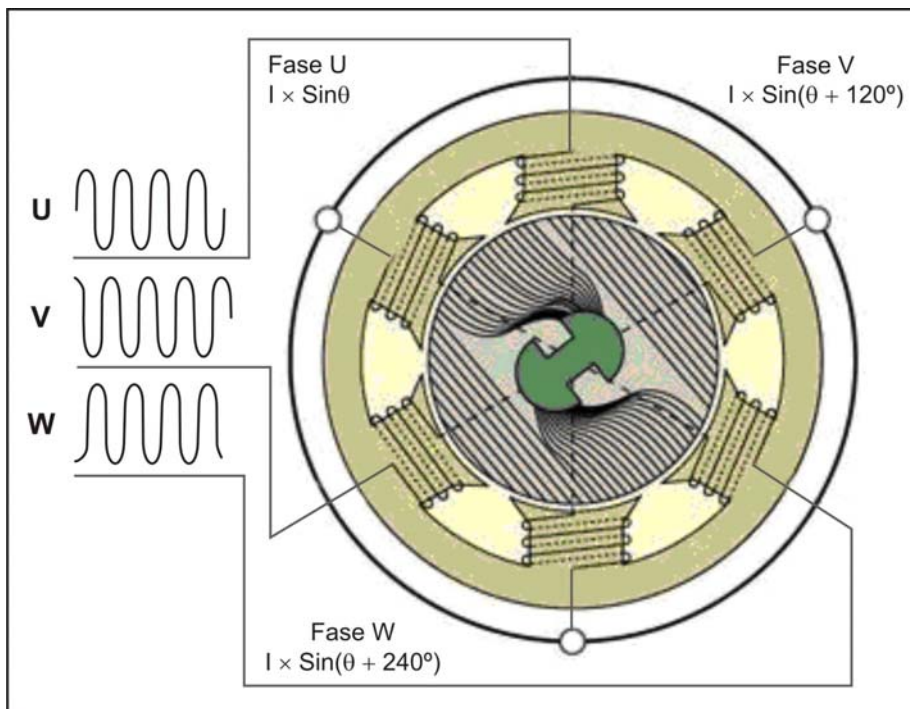


Fig. 38 – Formação do campo girante.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos dispositivos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Acionamento de motores CC e servocontroladores

Motores do tipo CC precisam receber uma alimentação de corrente contínua para entrarem em funcionamento. Pode-se controlar a velocidade desse tipo de motor por meio do ajuste da intensidade de corrente que ele recebe. Um exemplo simples desse tipo de controle está esquematizado a seguir.

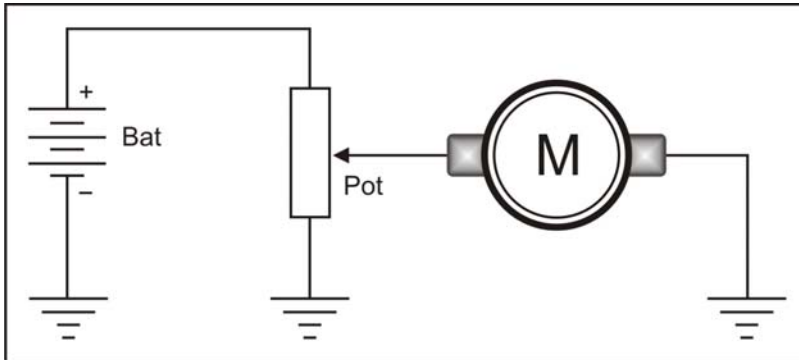


Fig. 1 - Acionamento simples de motor CC.

Ao se movimentar o potenciômetro (ou reostato) altera-se o fluxo de corrente para o motor e conseqüentemente sua velocidade. Apesar de simples, esse ajuste só serve para motores de pequeno porte, onde a corrente é pequena, pois uma parcela da energia é dissipada no próprio potenciômetro. Além disso, é um ajuste manual e não serve para as aplicações de servomecanismos como robôs e máquinas CNC.

A maneira mais recomendada quando se deseja o controle mais preciso do motor é o emprego de acionamento por PWM (*Pulse Width Modulation*), ou seja, modulação por largura de pulso. Neste caso o motor é alimentado por amplificador em ponte H, que recebe pulsos complementares, ou seja, o sinal injetado em um lado da ponte é o inverso do injetado no outro lado. O controle da velocidade se dá por meio do ajuste da largura dos pulsos (duração do pulso = *duty cycle*). Vide figura a seguir:

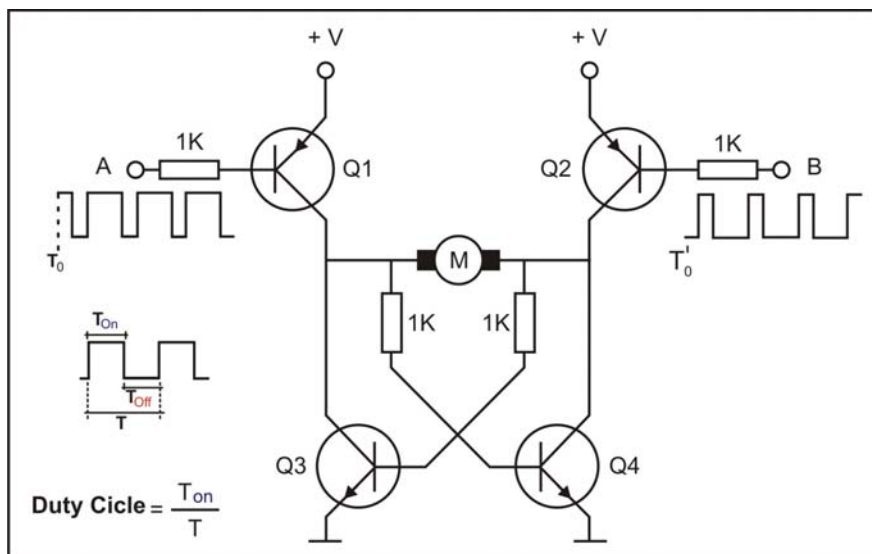


Fig. 2 - Acionamento PWM usando ponte H.

No circuito anterior os transistores Q1/Q4 e Q2/Q3 operam como chaves comutando a voltagem de alimentação para o motor. No entanto, cada par trabalha complementar ao outro de modo que, quando Q1/Q4 estão conduzindo, a corrente passa no motor em uma direção, enquanto Q2/Q3 permanecem desligados. No ciclo seguinte os papéis se invertem e é a vez de Q2/Q3 permitirem a passagem de corrente pelo motor, mas agora no sentido inverso ao anterior.

Se o sinal de controle injetado nos pontos A e B for muito lento, o motor girará ora num, ora noutro sentido. Mas à medida que a frequência do sinal aumenta, o motor já não é mais capaz de acompanhar essa oscilação e fica estático, ainda que esteja energizado.

O controle por PWM é feito pelo ajuste do *duty cycle*, que corresponde à relação entre o período ligado,  $T_{ON}$ , e o período total do sinal de controle,  $T$ . Quando os pulsos possuem a mesma largura, ou seja, o tempo ligado é igual ao tempo desligado, temos um *duty cycle* de 50% e a ponte fica em equilíbrio, pois a corrente média que passa pelo motor é nula. Dessa forma o motor fica parado, mas energizado.

Se o tempo ligado aumentar em relação ao desligado, ou seja, *duty cycle*  $>50\%$ , a corrente média aumenta positivamente e o motor gira para um lado. Quanto maior a porcentagem, maior a velocidade.

Se o tempo do pulso diminuir (*duty cycle*  $<50\%$ ) a corrente média através do motor muda de polaridade e o motor gira no sentido oposto. Quanto mais se aproximar do 0%, mais rápido gira o motor no sentido oposto. Vide figura a seguir.

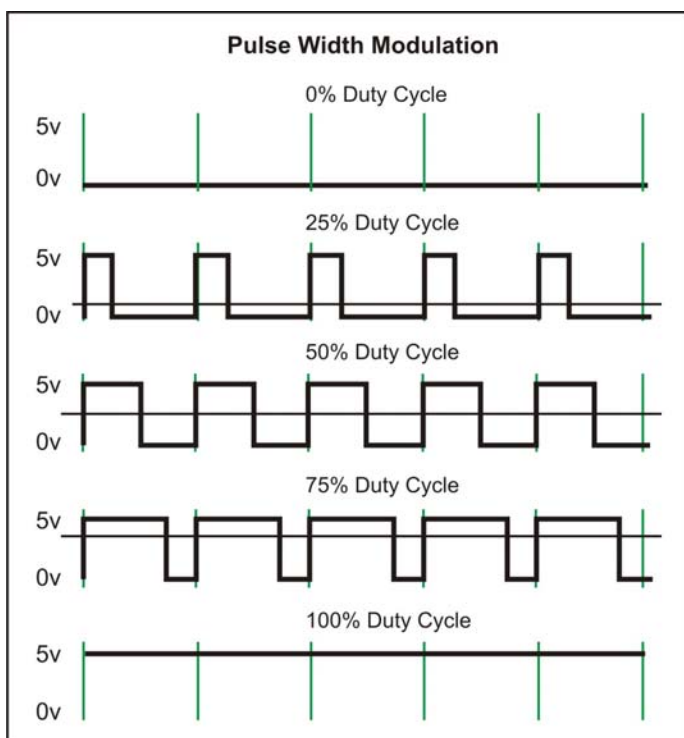


Fig. 3 - Variação do *duty cycle* num acionamento PWM.

Com esse tipo de controle consegue-se além do ajuste de velocidade, também o controle de parada do motor.

O equipamento usado para realizar esse tipo de acionamento é o servocontrolador, que, por meio da realimentação de sinais vindos do sensor acoplado ao eixo do motor, consegue controlar a ativação, aceleração/ desaceleração, velocidade e parada do motor, bem como o torque fornecido por ele.



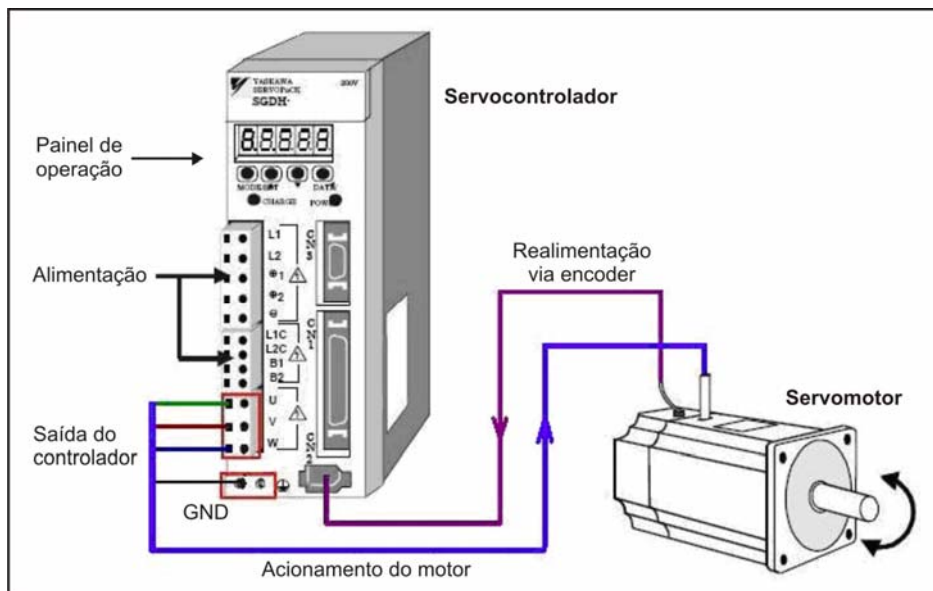


Fig. 4 – Motor e servocontrolador.

## Acionamento de motores CA e inversores de frequência

Como foi visto anteriormente, o acionamento de motores CA ocorre por meio do controle de um campo girante criado pelo estator do motor. Para controlar a velocidade de giro do motor controla-se a velocidade do campo girante. E para se conseguir isso é preciso alterar a frequência do sinal que alimenta o motor CA.

A energia fornecida pelas tomadas de força, apesar de ser alternada, possui uma frequência fixa de 60 hz. Para que se consiga controlar essa frequência torna-se necessário realizar algumas transformações no sinal.

O processo consiste no seguinte: o sinal é retificado e convertido em corrente contínua; em seguida é passado por um circuito chamado conversor de frequência que gera oscilações controladas a partir da corrente contínua fornecida. Essas oscilações são produzidas em forma de três ondas senoidais diferentes, defasadas de  $120^\circ$  entre si, caracterizando assim um sinal trifásico. Esse sinal é usado para alimentar amplificadores ligados aos polos estatores do motor.

Ao se alterar a frequência do sinal muda-se a velocidade do campo girante e com isso a velocidade do motor.

A figura a seguir mostra um exemplo simplificado desse tipo de acionamento.

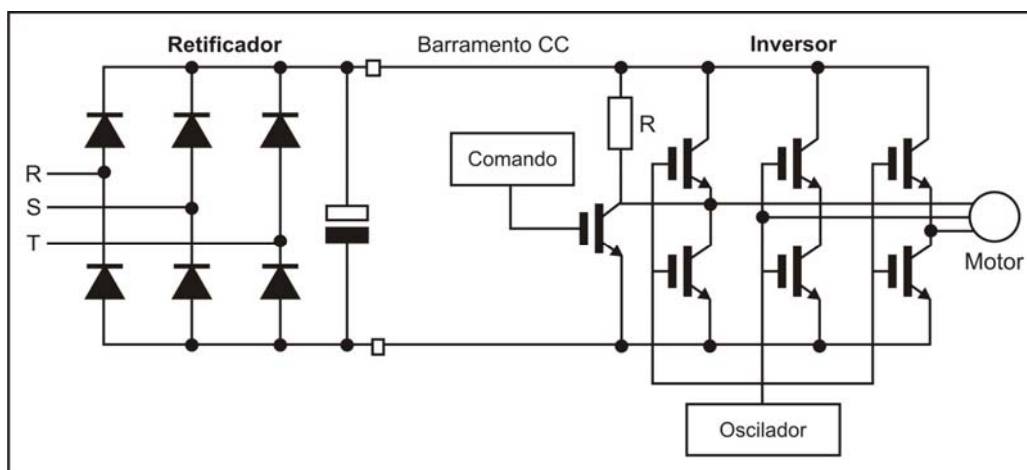


Fig. 5 - Estrutura de um inversor de frequência.

No motor as ondas produzidas vão gerar um campo magnético entre seus pares de polos que gira à medida que as ondas interagem no tempo.

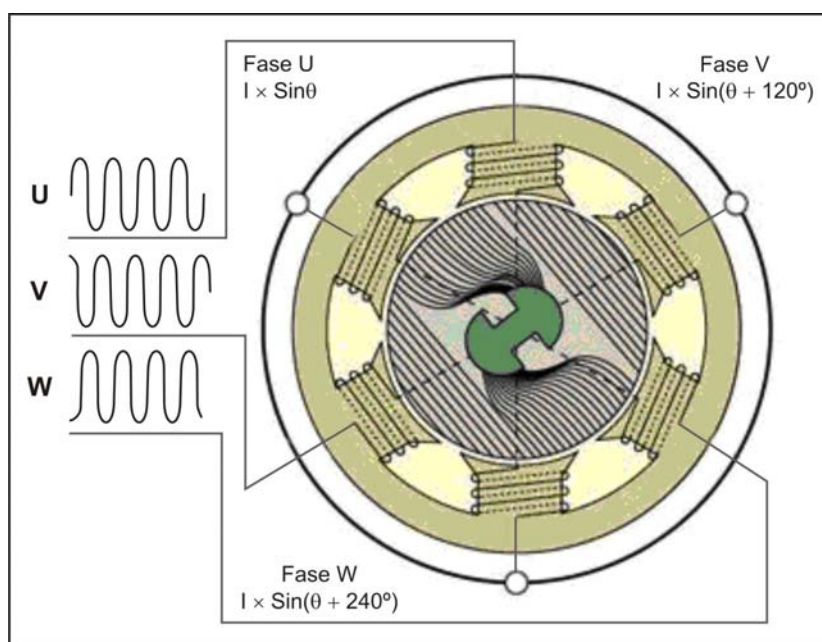


Fig. 6 – Formação do campo girante.

## Décima Sexta Aula



Nessa aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde deverão localizar, identificar e caracterizar em circuitos de máquinas: motores (CA/CC), servomotores e inversores de frequência. Tal caracterização deve ser feita com base no funcionamento, função, tipo de motor, tipo de acionamento e aplicação.



### Passo 1 / Orientação



15 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de caracterizar em circuitos de máquinas disponíveis na fábrica, motores (CA e CC), servomotores e inversores de frequência, descrevendo seu funcionamento, funções, tipos, acionamento e aplicações dos componentes observados.

Para preparar esta atividade, oriente-os sobre os procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles vistam-se adequadamente.

Faça um resumo dos itens que os jovens deverão observar durante a visita, definindo:

- **Motor** – Um motor é um dispositivo que converte outras formas de energia em energia mecânica. Motores elétricos convertem energia elétrica em movimento para uma máquina ou veículo. Estes podem trabalhar com Corrente Alternada (CA) ou Corrente Contínua (CC).
- **Servomotores** – São motores com sensores de posição acoplados aos seus eixos. Tais sensores permitem saber a posição exata do rotor e com isso controlar posição, força e velocidade.
- **Inversor de frequência** – É um dispositivo eletrônico que converte a tensão alternada da rede elétrica em tensão contínua, podendo controlar sua amplitude e frequência. Com isso, esse dispositivo consegue, como principal função, controlar a velocidade de motores elétricos, rotação e torque.

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados;
- funções, tipos e funcionamento;
- procedimentos de segurança observados.

**Educador**, não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador.



## Passo 2 / visita técnica



35 min

Durante a visita, um profissional da área de automação (preferencialmente um engenheiro) apresentará alguns dispositivos automatizados, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na próxima aula contendo os tópicos citados anteriormente.

## Décima Sétima Aula



No acionamento de motores e dispositivos de alta potência são usados elementos comutadores que isolam o circuito de controle do circuito de potência, permitindo assim o acionamento de cargas elevadas por meio de circuitos de baixa potência.

Nessa aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde deverão caracterizar em circuitos de máquinas: dispositivos de chaveamento (transistor, diodo, ponte retificadora, tiristores e *flip-flops*). O objetivo é identificar num contexto real as aplicações de tais dispositivos, suas formas e variedade.



### Passo 1 / Orientação



15 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de caracterizar em circuitos de máquinas dispositivos de chaveamento (transistor, diodo, ponte retificadora e tiristores), descrevendo seu funcionamento, funções e tipos observados.

Para preparar esta atividade, devem ser orientados sobre os procedimentos de segurança para que circulem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles vistam-se adequadamente.

Faça um resumo dos itens que os jovens deverão observar durante a visita, definindo:

### Dispositivos de chaveamento

Os dispositivos de chaveamento são utilizados, dentre outras coisas, para efetuar o acionamento de motores.

Quando se lida com motores de alta potência, devido às elevadas correntes que eles consomem, torna-se necessário usar dispositivos de chaveamento tais como: retificadores, tiristores e transistores de potência para fornecer a energia diretamente a eles. Esses elementos de chaveamento por sua vez são controlados por circuitos de baixa potência que realizam todas as funções de controle.

Os circuitos desse tipo, que a partir de sinais de controle de baixa potência fornecem energia e alta potência aos motores, são chamados de servoamplificadores.

Nos circuitos lógicos, há necessidade de dois pontos de operação, que são os dois valores digitais: zero (0) e um (1). O estado desativado foi denominado zero (0), e o ativado, um (1). Esses níveis lógicos representam termos bem claros, bem definidos e opostos, como alto e baixo, fechado e aberto, frio e quente, etc.

Os dispositivos que operam dessa forma têm a função de chaveamento ou comutação. Como exemplo, temos os diodos, pontes retificadoras, transistores, tiristores e *flip-flops*.

**Diodo** – Uma das características mais importantes do diodo é que ele conduz corrente elétrica apenas em um sentido, isto é, a corrente elétrica só vai de um lado para o outro quando o atravessa. Pode-se fazer uma comparação entre o diodo e uma catraca de ônibus: só se passa de um lado para o outro, mas não se consegue voltar.

**Pontes retificadoras** – São responsáveis por retificar uma corrente, ou seja, transformam uma corrente alternada em contínua. São empregadas em várias situações tais como: fontes de alimentação, *no-breaks*, inversores de frequência, etc.

**Transistor** – Funciona basicamente como um diodo, entretanto, tem-se a possibilidade de controlar a corrente que passa por ele. São utilizados, entre outras aplicações, para acionar cargas de baixa e média potências.

**Tiristor** – Para acionar cargas que exijam maior potência, foram criados os tiristores. Esses componentes diferem dos transistores e diodos por terem maior capacidade de dissipação de calor e por permitirem acionar cargas que operem em corrente alternada. Como exemplos de tiristores temos os *diacs* e *triacs*.

**Flip-flop** – É um dispositivo que tem, na sua saída, dois estados (níveis) estáveis, que são chamados de “estado 0” e “estado 1”. Em outras palavras, o *flip-flop* pode conservar, ou armazenar, um *bit* de informação. Se uma entrada o faz assumir o “estado 1”, este permanecerá, ou será armazenado, mesmo que o sinal de entrada seja retirado, até que outra excitação na entrada o conduza ao “estado 0”. Analogamente, este excitado permanecerá até uma nova excitação. Portanto, qualquer dos estados (0 ou 1) se mantém indefinidamente, só havendo comutação de um para outro quando houver uma excitação na sua entrada.

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados;
- funções, tipos e funcionamento;
- procedimentos de segurança observados;
- procedimentos de testes e detecção de falhas observados.

**Educador**, não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador.



## Passo 2 / visita técnica



35 min

Durante a visita, um profissional da área de automação (preferencialmente um engenheiro) apresentará alguns dispositivos automatizados, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na aula seguinte e conter os tópicos citados anteriormente.



Na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso de sensores em automação. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Décima Oitava Aula

Na décima sexta aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde devem caracterizar (funcionamento, função, tipos) dos sensores utilizados em automação. Além disso, terão contato com motores elétricos a fim de entender os dados de placa de identificação deles.



### Passo 1 / Orientação



15 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de caracterizar (funcionamento, função, tipos) dos sensores utilizados em automação, descrevendo seu funcionamento, funções e tipos observados. Também devem observar os dados da placa de identificação de motores elétricos de uso na fábrica (preferencialmente de uma injetora).

Para preparar esta atividade, oriente-os dos procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles venham vestidos adequadamente.

Faça um resumo dos itens que os jovens deverão observar durante a visita, definindo:

### Sensores

Existem diversos tipos de sensores utilizados no ambiente industrial automatizado, mas vamos apresentar os principais:

**Sensor indutivo** – Utilizado para detectar a presença de corpos metálicos. É constituído de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador. O



circuito oscilador gera um campo magnético por meio de uma bobina e a aproximação de um corpo metálico varia essa oscilação, fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF, ou o contrário). Muito utilizado para a contagem de peças metálicas.

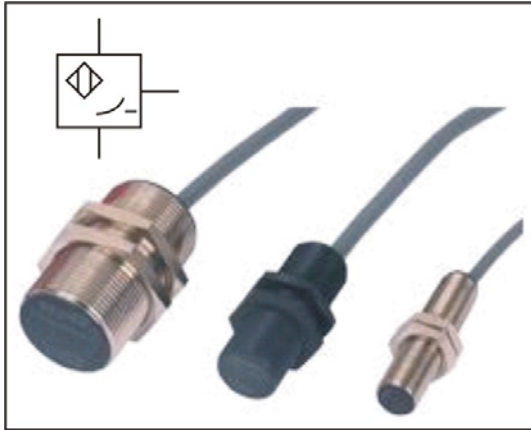


Fig. 39 – Sensor indutivo e simbologia.

**Sensor capacitivo** – Ao contrário do indutivo, o sensor capacitivo detecta qualquer tipo de material. Tem o mesmo princípio de funcionamento, mas em vez de um indutor, o seu disparo é feito pela variação do dielétrico de um capacitor. Pode detectar corpos sólidos ou até líquidos, mas está sujeito a interferências como poeira e cavaco.

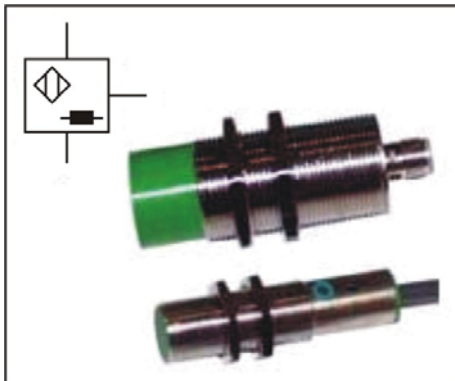


Fig. 40 – Sensor capacitivo e simbologia.

**Sensor magnético** – Também conhecido como *reed-switch* é principalmente utilizado na pneumática e hidráulica para verificar o posicionamento de cilindros atuadores. É usado de forma residencial para alarmes em portas e janelas. Trata-se de dois contatos colocados dentro de uma ampola e separados por uma resina. Ao se aproximar um ímã, faz-se com que esses contatos se unam permitindo a passagem de corrente por ele.

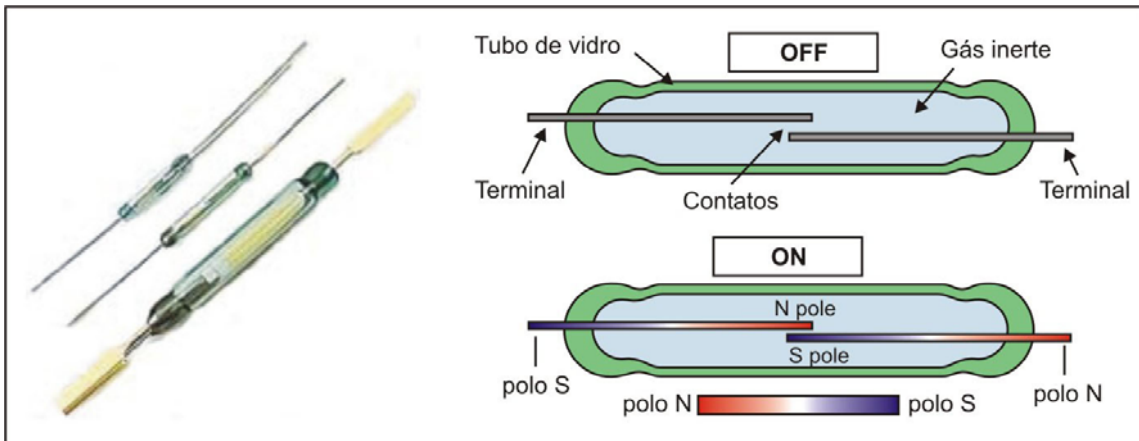


Fig. 41 - Reed Switch ou chave magnética.

**Sensores reflexivos** – Conhecidos como sensores ópticos, podem detectar a aproximação de uma peça ou a passagem de um corpo por um corredor, por exemplo. São utilizados para contagem e também posicionamento de corpos. São constituídos de um *led* emissor e um fototransistor, em um mesmo invólucro. A aproximação de uma peça faz com que a luz emitida pelo *led* seja refletida para o fototransistor ocasionando a ação do sensor.



Fig. 42 – Sensor reflexivo.

**Educador**, além de identificar e diferenciar os vários tipos de sensores, os jovens devem aprender também a interpretar os dados constantes nas placas dos motores. Procure mostrar alguns exemplos e explique o significado das informações. Peça a eles que façam o mesmo para outros motores que existem no ambiente.

## Placa de motores

Normalmente os **dados de placa** de um motor elétrico indicam:

- **Tipo do motor** – Motor Trifásico
- **Tensão** – 220 [V]
- **Corrente** – 18 [A]
- **Torque** – 4 Nm,
- **Cos Ø** – 0,80
- **R.P.M.** – 1800

Além desses dados, também pode existir o esquema de ligação estrela – triângulo.

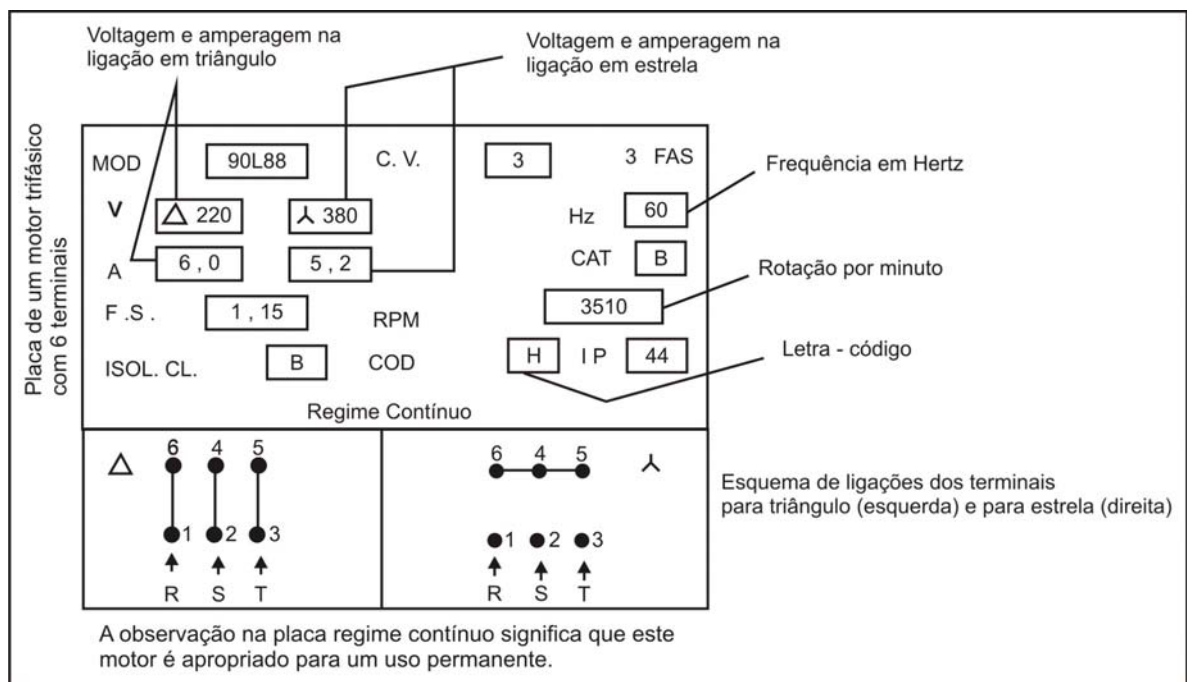


Fig. 43 - Exemplo de placa de motor trifásico.

A figura fornece o exemplo de uma placa de um motor trifásico. Os dados mais importantes são:

- a potência do motor, dada em HP ou CV (1 HP = 746 W, 1 CV = 735 W), para saber se esse motor é capaz de executar o trabalho desejado (no caso do exemplo da figura acima), a potência do motor é de 3 CV;
- a tensão alimentadora que o motor exige (220 ou 380 V);
- a frequência exigida da tensão alimentadora (60 Hz);

- a corrente nominal que o motor consumirá (9 ou 5,2 A, dependendo da tensão alimentadora), para dimensionar os condutores de alimentação e os dispositivos de proteção;
- as rotações que o motor fará por minuto (3510 RPM);
- a letra-código para dimensionar os fusíveis (no exemplo H);
- o esquema de ligação que mostra como os terminais devem ser ligados entre si e com a rede de alimentação.

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter os seguintes tópicos:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados;
- funções, tipos e funcionamento;
- procedimentos de segurança observados.



## Passo 2 / Visita técnica



35 min

Durante a visita, um profissional da área de automação (preferencialmente um engenheiro) apresentará alguns dispositivos automatizados, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenham percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na aula seguinte e conter os tópicos citados anteriormente.



## Sensores

Existem diversos tipos de sensores utilizados no ambiente industrial automatizado, mas vamos apresentar os principais:

**Sensor indutivo** – Utilizado para detectar a presença de corpos metálicos. É constituído de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador. O circuito oscilador gera um campo magnético por meio de uma bobina e a aproximação de um corpo metálico varia essa oscilação, fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF, ou o contrário). Muito utilizado para a contagem de peças metálicas.

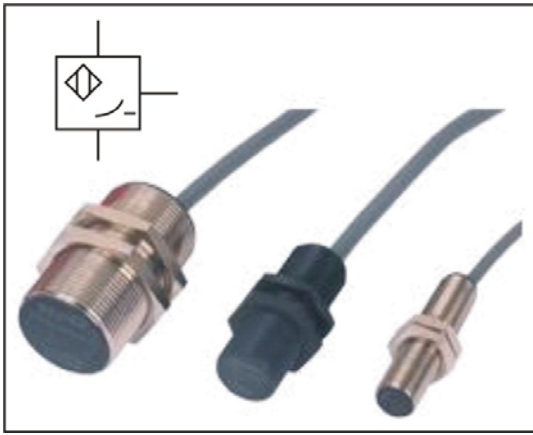


Fig. 1 – Sensor indutivo e simbologia.

**Sensor capacitivo** – Ao contrário do indutivo, o sensor capacitivo detecta qualquer tipo de material. Tem o mesmo princípio de funcionamento, mas em vez de um indutor, o seu disparo é feito pela variação do dielétrico de um capacitor. Pode detectar corpos sólidos ou até líquidos, mas está sujeito a interferências como poeira e cavaco.

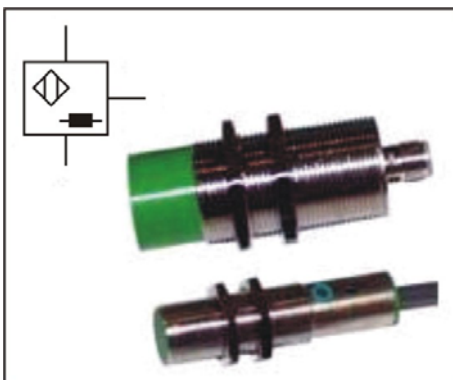


Fig. 2 – Sensor capacitivo e simbologia.

**Sensor magnético** – Também conhecido como *reed-switch* é principalmente utilizado na pneumática e hidráulica para verificar o posicionamento de cilindros atuadores. É usado de forma residencial para alarmes em portas e janelas. Trata-se de dois contatos colocados dentro de uma ampola e separados por uma resina. Ao se

aproximar um ímã, faz-se com que esses contatos se unam permitindo a passagem de corrente por ele.

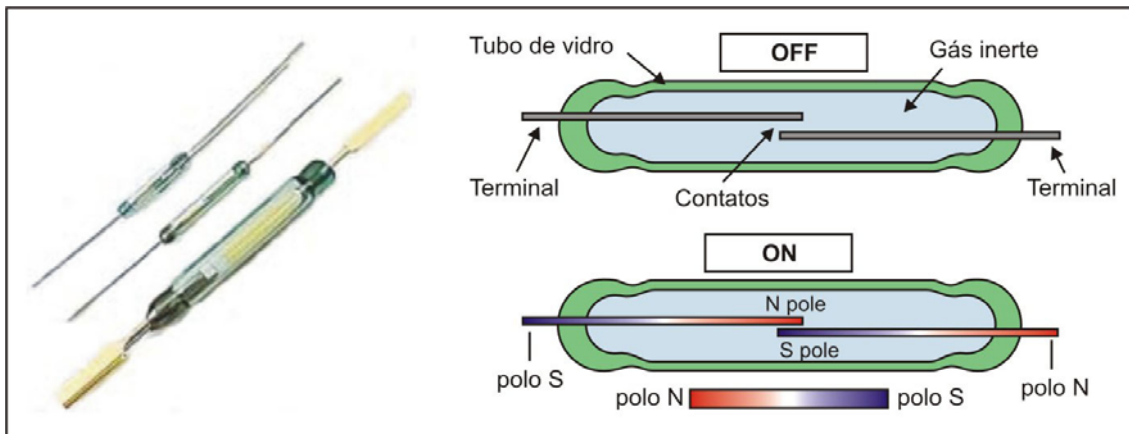


Fig. 3 - Reed Switch ou chave magnética.

**Sensores reflexivos** – Conhecidos como sensores ópticos, podem detectar a aproximação de uma peça ou a passagem de um corpo por um corredor, por exemplo. São utilizados para contagem e também posicionamento de corpos. São constituídos de um *led* emissor e um foto-transistor, em um mesmo invólucro. A aproximação de uma peça faz com que a luz emitida pelo *led* seja refletida para o fototransistor ocasionando a ação do sensor.



Fig. 4 – Sensor reflexivo.

### Placa de motores

Normalmente os **dados de placa** de um motor elétrico indicam:

- **Tipo do motor** – Motor Trifásico
- **Tensão** – 220 [V]
- **Corrente** – 18 [A]
- **Torque** – 4 Nm,
- **Cos Ø** – 0,80
- **R.P.M.** – 1800

Além desses dados, também pode existir o esquema de ligação estrela – triângulo.

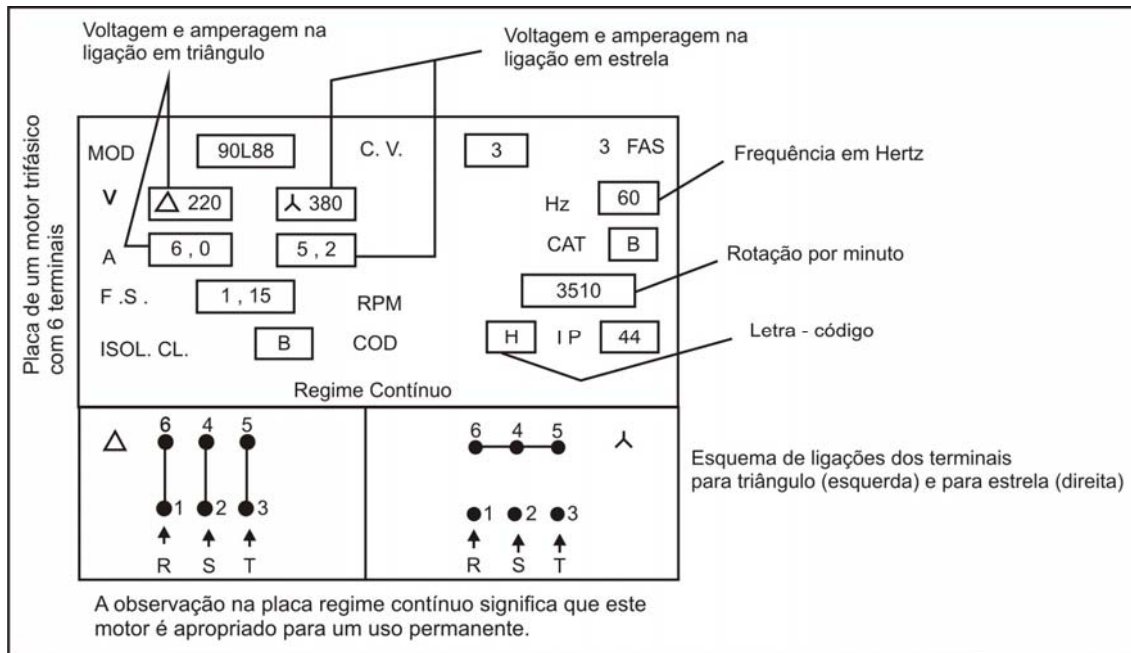


Fig. 5 - Exemplo de placa de motor trifásico.

A figura fornece o exemplo de uma placa de um motor trifásico. Os dados mais importantes são:

- a potência do motor, dada em HP ou CV (1 HP = 746 W, 1 CV = 735 W), para saber se esse motor é capaz de executar o trabalho desejado (no caso do exemplo da figura acima), a potência do motor é de 3 CV;
- a tensão alimentadora que o motor exige (220 ou 380 V);
- a frequência exigida da tensão alimentadora (60 Hz);
- a corrente nominal que o motor consumirá (9 ou 5,2 A, dependendo da tensão alimentadora), para dimensionar os condutores de alimentação e os dispositivos de proteção;
- as rotações que o motor fará por minuto (3510 RPM);
- a letra-código para dimensionar os fusíveis (no exemplo H);
- o esquema de ligação que mostra como os terminais devem ser ligados entre si e com a rede de alimentação.





## Décima Nona Aula



A representação esquemática de sistemas, circuitos e dispositivos é uma linguagem técnica comum em ambientes de automação industrial. Saber identificar e interpretar tais diagramas é uma habilidade desejável de todo técnico. Nessa aula os jovens terão contato com diagramas de circuitos fornecidos pelo educador, a fim de identificarem os principais componentes e suas funções.



### Passo 1 / Orientação



10 min

Divida os jovens em grupos.

Em sala eles receberão diagramas elétricos de circuitos disponíveis na fábrica, com o objetivo de identificarem os principais componentes e suas funções.

Para preparar esta atividade, verifique a possibilidade de conseguir com algum especialista da área de automação, diagramas elétricos dos principais dispositivos utilizados na fábrica (máquinas injetoras, CNCs, fresas, tornos, etc.).

O objetivo desta atividade é a familiarização dos jovens com os componentes observados nas visitas anteriores, mas na forma descritiva (esquemática).

Oriente-os a pesquisarem sobre os componentes identificados para comporem um relatório que deverá conter os seguintes tópicos:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- diagramas observados;
- funções, tipos e funcionamento dos componentes;
- funcionamento do circuito.



Não se esqueça de separar diagramas com antecedência para ter garantias de que todos os grupos possuam material para a atividade.



## Passo 2 / Análise de diagramas



40 min

Deixe que os jovens trabalhem livremente nos grupos, mas acompanhe a tarefa para orientá-los sobre os principais componentes e as suas funcionalidades. Além disso, auxilie-os com informações sobre os componentes desconhecidos por eles, estimulando-os a identificarem o funcionamento geral do circuito, agregando conhecimento e informações sobre componentes desconhecidos.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os componentes identificados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na próxima aula e conter os tópicos citados anteriormente.



## Vigésima Aula

Como foi visto nas aulas anteriores, um sistema de automação é composto por unidades de sensoriamento, controle e atuação. No que diz respeito à etapa de controle, há os dispositivos microprocessados e programáveis que analisam as informações lidas pelos sensores e realizam algum tipo de ação predefinida. Nessa aula os jovens conhecerão um dos componentes mais utilizados em processos de automação, o Controlador Lógico Programável (CLP). Entender sua composição básica, sua aplicação e sua estrutura de programação é fundamental para um profissional da área de automação.



## Passo 1 / Aula teórica



40 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## CLP – Composição básica e aplicações em automação

Os CLPs são utilizados em inúmeros sistemas de automação. Permitem desenvolver e alterar com facilidade a lógica de controle para acionamento das saídas em função das entradas. Podem-se utilizar inúmeros pontos de entrada de sinal para controlar as saídas.

CLP é um microcomputador aplicado ao controle de um sistema ou de um processo. É composto de módulos de entradas digitais ou analógicas.

As entradas analógicas têm seu valor convertido para digital, para que a CPU (Unidade Central de Processamento) possa entendê-las e processá-las. A lógica a que são submetidas as entradas para gerar as saídas é programada pelo usuário do sistema.

As saídas também podem ser digitais ou analógicas.

Os CLPs são largamente utilizados em automação industrial de máquinas e processos, compondo máquinas como centros de usinagem, injetoras de plástico, sopradoras, prensas, com aplicações na indústria automobilística, petroquímica e na automação de processos de fabricação.

As principais vantagens da utilização de CLPs, entre inúmeras outras, são:

- fácil manutenção;
- fácil alteração da lógica programada;
- menor espaço ocupado nos painéis de comando;
- facilidade na detecção de defeitos;
- menor consumo de energia (potência);
- possibilidade de se comunicarem facilmente com outros CLPs;
- confiabilidade do projeto mais garantida.

A composição básica de um CLP é descrita na figura a seguir:



Fig. 44 – Composição básica dos CLPs.

As principais aplicações dos CLPs estão em processos que exigem flexibilidade e velocidade de mudança. Com um CLP pode-se facilmente alterar o seu programa, alterando muito pouco toda a fiação instalada. Além disso, essa mudança se dá de forma extremamente rápida.



Fig. 45 – Exemplos de CLPs (Siemens e Altus – Dois grandes fabricantes de CLPs).

### Hardware

O *hardware* básico de um CLP é composto de fonte de alimentação, entradas, saídas e CPU (Unidade Central de Processamento), conforme visto anteriormente.

O que se deve atentar é que existem dois tipos principais de entradas e saídas: analógica e digital.

Como o CLP só trabalha com *Bits* (*Binary Digits*), ou seja, tensões digitais (0 e 1), os sinais analógicos têm de ser convertidos. Para isso, as entradas analógicas são compostas por conversores A/D (analógico/digital). Para as saídas, o processo é o inverso, por meio dos conversores D/A (digital/analógico).

A seguir, o esquema simplificado:

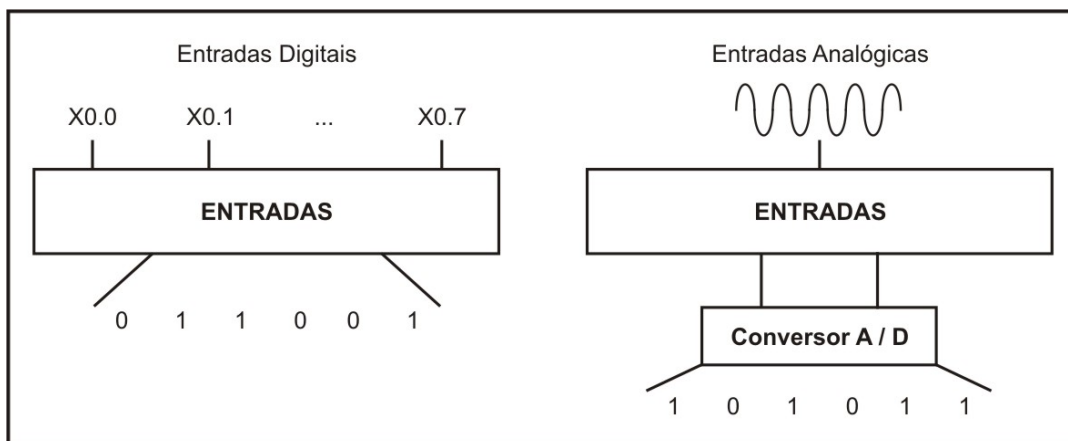


Fig. 46 – Hardware de entrada dos CLPs.

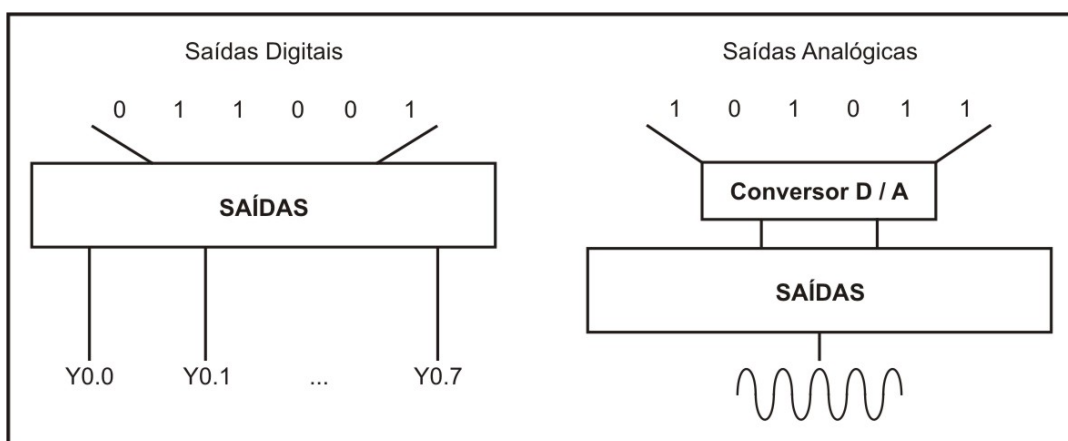


Fig. 47 – Hardware de saída dos CLPs.

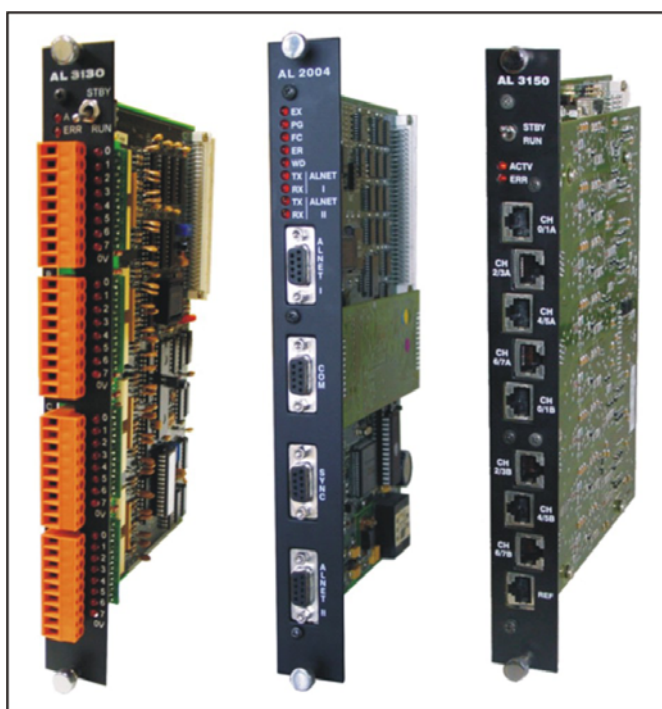


Fig. 48 – Exemplo de cartões de entrada e saída de um CLP.

## Estrutura de programação

A principal característica de um CLP é a fácil alteração de sua lógica de programação. Por trás dessa facilidade tem-se uma importante estrutura de programação.

Como o CLP é uma evolução dos painéis de comandos, composto de relés, contatores e botoeiras, a sua estrutura de programação, conhecida como *Ladder*, segue os mesmos princípios da lógica utilizada nos antigos painéis. O termo *Ladder* vem da ideia de o programa, depois de elaborado, parecer uma escada (barras paralelas laterais com linhas entre elas).

Abaixo, os principais componentes e símbolos dessa estrutura de programação:



### NA – Normalmente Aberto

É a indicação do estado do contato aberto antes de ele ser acionado.

### NF – Normalmente Fechado

É a indicação do estado do contato fechado antes de ele ser acionado.






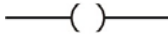
Símbolo elétrico	Símbolo <i>ladder</i>
 <b>NA</b>	
 <b>NF</b>	
 <b>CONTADOR</b>	

Tabela 4 – Simbologia – Elétrica x Ladder

A diferença entre um esquema e outro pode ser entendida como uma transposição do diagrama elétrico. Os esquemas elétricos eram desenhados linha a linha na vertical. O esquema de programação *ladder* também é feito linha a linha, só que na horizontal.

Existem diferentes tipos de dados na programação *ladder*. A seguir, alguns tipos mais utilizados:

### Entradas – X

São como os contatos NA e NF dos diagramas elétricos. Utilizam a letra X como identificação na programação.

### Saídas – Y

São como os contatores dos diagramas elétricos. Utilizam a letra Y como identificação na programação.

### Relés de memória (de controle) – C ou M

São como os contatos auxiliares de um contator. São utilizados para manter um determinado contator acionado. É o famoso “contato de selo”. Utilizam a letra C ou M como identificação na programação.

### Relés de tempo (Temporizadores) – T

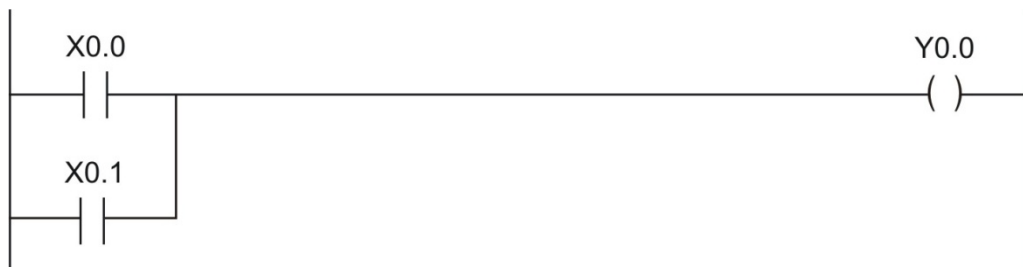
São como os temporizadores dos diagramas elétricos. Utilizam a letra T como identificação na programação. Podem ser configurados para uma infinidade de temporizações (desligar ou ligar após a contagem do tempo, entre outras).

Alguns exemplos de operações lógicas:

**Operação E** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter as entradas X0.0 e X0.1 acionadas.



**Operação OU** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter a entrada X0.0 ou X0.1 acionada.



**Operação NÃO** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter a entrada X0.0 desacionada. Se ela estiver acionada, a saída Y0.0 estará desligada.





## Passo 2 / Exercícios



10 min



Exercício de fixação 3 disponível no fim do caderno.

Peça para os jovens identificarem onde esse exemplo poderia ser utilizado e sugerirem melhorias.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos dispositivos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.





## CLP – Composição básica e aplicações em automação

Os CLPs são utilizados em inúmeros sistemas de automação. Permitem desenvolver e alterar com facilidade a lógica de controle para acionamento das saídas em função das entradas. Podem-se utilizar inúmeros pontos de entrada de sinal para controlar as saídas.

CLP é um microcomputador aplicado ao controle de um sistema ou de um processo. É composto de módulos de entradas digitais ou analógicas.

As entradas analógicas têm seu valor convertido para digital, para que a CPU (Unidade Central de Processamento) possa entendê-las e processá-las. A lógica a que são submetidas as entradas para gerar as saídas é programada pelo usuário do sistema.

As saídas também podem ser digitais ou analógicas.

Os CLPs são largamente utilizados em automação industrial de máquinas e processos, compondo máquinas como centros de usinagem, injetoras de plástico, sopradoras, prensas, com aplicações na indústria automobilística, petroquímica e na automação de processos de fabricação.

As principais vantagens da utilização de CLPs, entre inúmeras outras, são:

- fácil manutenção;
- fácil alteração da lógica programada;
- menor espaço ocupado nos painéis de comando;
- facilidade na detecção de defeitos;
- menor consumo de energia (potência);
- possibilidade de se comunicarem facilmente com outros CLPs;
- confiabilidade do projeto mais garantida.

A composição básica de um CLP é descrita na figura a seguir:

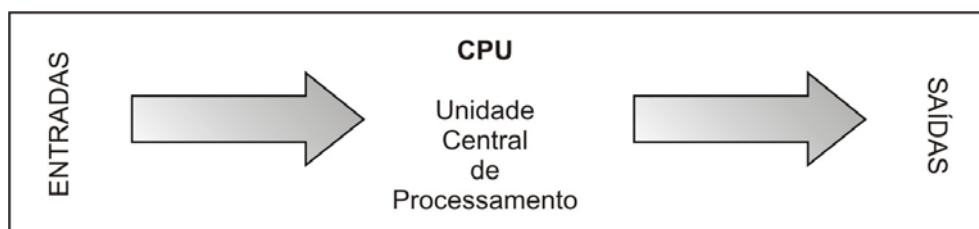


Fig. 1 – Composição básica dos CLPs.

As principais aplicações dos CLPs estão em processos que exigem flexibilidade e velocidade de mudança. Com um CLP pode-se facilmente alterar o seu programa, alterando muito pouco toda a fiação instalada. Além disso, essa mudança se dá de forma extremamente rápida.



Fig. 2 – Exemplos de CLPs (Siemens e Altus – Dois grandes fabricantes de CLPs).

### Hardware

O *hardware* básico de um CLP é composto de fonte de alimentação, entradas, saídas e CPU (Unidade Central de Processamento), conforme visto anteriormente.

O que se deve atentar é que existem dois tipos principais de entradas e saídas: analógica e digital.

Como o CLP só trabalha com *Bits (Binary Digits)*, ou seja, tensões digitais (0 e 1), os sinais analógicos têm de ser convertidos. Para isso, as entradas analógicas são compostas por conversores A/D (analógico/digital). Para as saídas, o processo é o inverso, por meio dos conversores D/A (digital/analógico).

A seguir, o esquema simplificado:

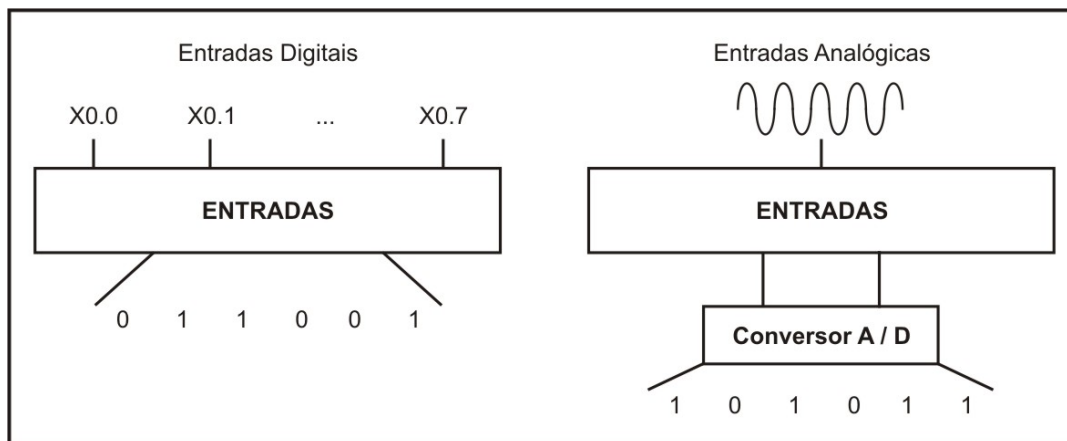


Fig. 3 – Hardware de entrada dos CLPs.

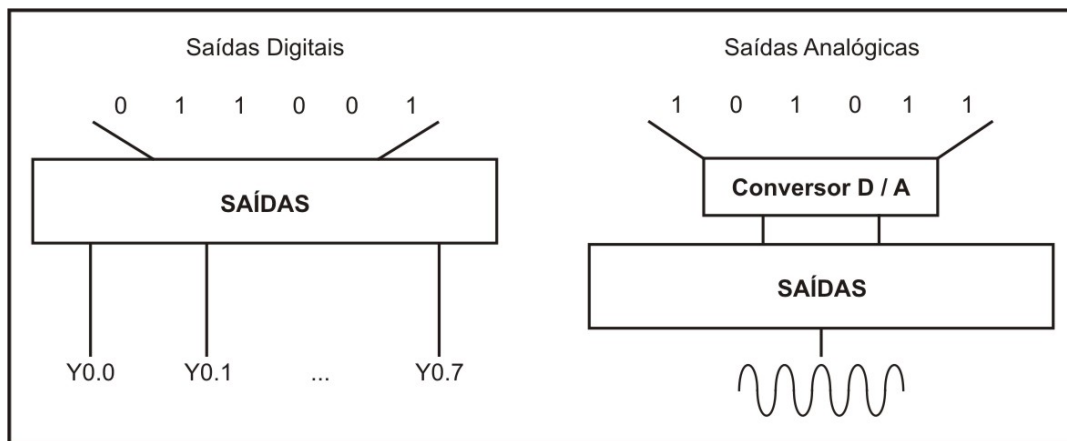


Fig. 4 – Hardware de saída dos CLPs.

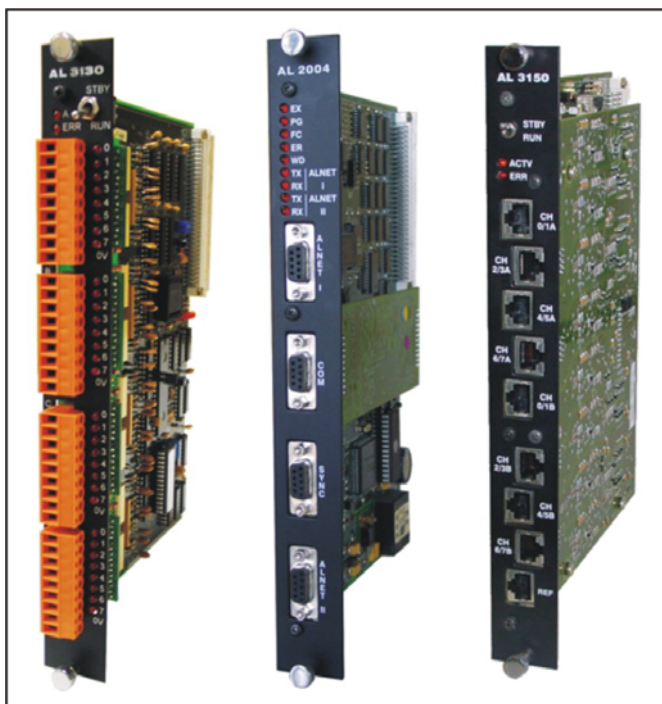


Fig. 5 – Exemplo de cartões de entrada e saída de um CLP.

## Estrutura de programação

A principal característica de um CLP é a fácil alteração de sua lógica de programação. Por trás dessa facilidade tem-se uma importante estrutura de programação.

Como o CLP é uma evolução dos painéis de comandos, composto de relés, contadores e botoeiras, a sua estrutura de programação, conhecida como *Ladder*, segue os mesmos princípios da lógica utilizada nos antigos painéis. O termo *Ladder* vem da ideia de o programa, depois de elaborado, parecer uma escada (barras paralelas laterais com linhas entre elas).

A seguir, os principais componentes e símbolos dessa estrutura de programação:


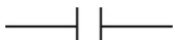

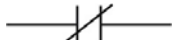

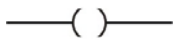
Símbolo elétrico	Símbolo <i>ladder</i>
 <b>NA</b>	
 <b>NF</b>	
 <b>CONTATOR</b>	

Tabela 1 – Simbologia – Elétrica x Ladder

A diferença entre um esquema e outro pode ser entendida como uma transposição do diagrama elétrico. Os esquemas elétricos eram desenhados linha a linha na vertical. O esquema de programação *ladder* também é feito linha a linha, só que na horizontal.

Existem diferentes tipos de dados na programação *ladder*. A seguir, alguns tipos mais utilizados:

### Entradas – X

São como os contatos NA e NF dos diagramas elétricos. Utilizam a letra X como identificação na programação.

### Saídas – Y

São como os contatores dos diagramas elétricos. Utilizam a letra Y como identificação na programação.

### Relés de memória (de controle) – C ou M

São como os contatos auxiliares de um contator. São utilizados para manter um determinado contator acionado. É o famoso “contato de selo”. Utilizam a letra C ou M como identificação na programação.

### Relés de tempo (Temporizadores) – T

São como os temporizadores dos diagramas elétricos. Utilizam a letra T como identificação na programação. Podem ser configurados para uma infinidade de temporizações (desligar ou ligar após a contagem do tempo, entre outras).

Alguns exemplos de operações lógicas:

**Operação E** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter as entradas X0.0 e X0.1 acionadas.



**Operação OU** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter a entrada X0.0 ou X0.1 acionada.



**Operação NÃO** – Para que se acione a saída Y0.0, deve-se ter a entrada X0.0 desacionada. Se ela estiver acionada, a saída Y0.0 estará desligada.





# Vigésima Primeira Aula



Nessa aula os jovens identificarão na fábrica, com ajuda de um especialista da área, duas situações onde os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são utilizados. É importante que eles entendam as características básicas, funções e aplicações deste dispositivo.



## Passo 1 / Orientação



15 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de identificarem, com ajuda de um especialista da área, duas situações onde os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são utilizados. É importante que eles entendam as características básicas, funções e aplicações desse dispositivo, descrevendo seu funcionamento e importância no processo visitado.

Para preparar esta atividade, oriente-os dos procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita, para que eles venham vestidos adequadamente.

Faça um resumo dos itens que os jovens deverão observar durante a visita.

Oriente-os jovens a pesquisarem sobre os processos e equipamentos identificados para comporem um relatório que deverá conter os seguintes tópicos:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- processos observados;
- funções, tipos e funcionamento dos componentes;
- funcionamento básico e função do CLP.



## Passo 2 / visita técnica



35 min

Durante a visita, um profissional da área de automação (preferencialmente da automação têxtil) apresentará dois processos que utilizem o CLP, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na aula seguinte e conter os tópicos citados anteriormente.



## Vigésima Segunda Aula

Compreender as etapas necessárias para a análise de um problema é uma das habilidades mais importantes de um profissional de automação. O conhecimento individual e a experiência podem variar de uma pessoa para outra, mas é preciso adotar-se alguma metodologia comum para que a solução de problemas seja obtida de forma eficiente.

Nessa aula os jovens terão contato com o ambiente prático, onde devem acompanhar um profissional da área para entenderem como é feita a detecção de falhas em um circuito eletroeletrônico.



## Passo 1 / Orientação



15 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de acompanhar um profissional da área para entenderem como é feita a detecção de falhas em um circuito eletroeletrônico.

Para preparar esta atividade oriente-os sobre os procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.



Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e de óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita para que eles venham vestidos adequadamente.

Faça um resumo dos itens que eles deverão observar durante a visita, definindo:

### Detecção de falhas

Os circuitos eletroeletrônicos possuem inúmeros componentes, e estes estão suscetíveis a falhas. Um pequeno resistor pode ser a causa do mau funcionamento de uma máquina inteira ou responsável pela parada de um processo. É importante saber como detectar falhas simples para evitar a parada prolongada de um sistema automatizado. Entender como proceder no caso de uma falha e saber utilizar os equipamentos de testes e medição são de extrema importância.

**Principais equipamentos de testes** – Voltímetro, amperímetro, ohmímetro, osciloscópio, multímetro, *Logic Probe*, entre outros menos utilizados.

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter os seguintes tópicos:

- breve introdução;
- desenvolvimento das atividades;
- conclusão sobre o aprendizado realizado.

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados;
- funções, tipos e funcionamento;
- procedimentos de segurança observados;
- Procedimentos de testes e detecção de falhas observadas.

**Educador**, não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador.



## Passo 2 / Visita técnica



35 min

Durante a visita um profissional da área de automação (preferencialmente um engenheiro) apresentará alguns dispositivos automatizados fazendo um breve resumo de seu funcionamento. O colaborador demonstrará como detectar falhas em circuitos eletroeletrônicos com a utilização de multímetro/osciloscópio.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um bom relatório. Lembre-os de que o relatório deverá ser entregue na aula seguinte e conter os tópicos citados anteriormente.



## Vigésima Terceira Aula

Essa aula será usada para a apresentação e discussão dos relatórios e permitirá ao educador avaliar a aprendizagem dos jovens. É importante que os jovens troquem informações e compartilhem pontos de vistas sobre as experiências adquiridas.



## Passo 1 / Apresentação do relatório



40 min

Coloque os grupos para se apresentarem na ordem e no tempo combinados. Decida se os demais grupos poderão fazer perguntas ao longo ou no fim da exposição e comunique isso à turma.



Caso seja possível, convide alguém da área de automação para assistir à apresentação e fazer comentários no fim dela.



## Passo 2 / Conclusões



10 min

Discuta com os jovens as principais características e funções do CLP nos processos apresentados. Se houver um convidado, permita que ele comente as exposições dos jovens.

## Vigésima Quarta Aula



Nessa aula será realizada a avaliação teórica referente ao capítulo 3.



## Passo 1 / Avaliação



50 min

**Educador**, providencie cópias da prova para todos os jovens. Não se esqueça de marcar a data da prova com antecedência.



PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Manutenção Eletromecânica

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

### Avaliação Teórica 3

1 Defina corrente elétrica.

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

2 O que é tensão elétrica?

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

3 Resistência elétrica é:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 Dados os valores abaixo, calcule o valor da grandeza faltante.

- |               |              |                  |
|---------------|--------------|------------------|
| a) $V = 110V$ | $I = 0,5A$   | $R = ?$          |
| b) $V = 220V$ | $I = ?$      | $R = 4,4K\Omega$ |
| c) $V = ?$    | $I = 500mA$  | $R = 220\Omega$  |
| d) $V = ?$    | $I = 0,005A$ | $R = 2K4\Omega$  |

5 Calcule a potência elétrica, dados:

- a)  $V = 110V$        $I = 0,5^a$

b)  $V = 0,11KV$                        $R = 220\Omega$

c)  $I = 500\mu A$                        $R = 2K2\Omega$

6 Descreva com suas palavras o que é corrente contínua e corrente alternada.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7 Para que serve um multímetro e quais tipos de medidas ele pode realizar?

.....

.....









## 4 Sistemas de Funcionamento Pneumático e Hidráulico

Nos capítulos anteriores foram apresentados diversos conceitos e tecnologias relacionados à automação com ênfase em sistemas eletroeletrônicos. Foram estudados como formas de atuadores os motores, servomotores e robôs. Também foi visto o papel dos sensores e dos controladores aplicados aos processos de automação.

Porém, existem vários tipos de aplicações da automação industrial em que há necessidade de força e velocidade de forma repetitiva. Nesses casos o uso do motor elétrico não é eficiente devido ao seu desproporcional tamanho em relação ao trabalho a realizar, ou seja, quanto maior a potência necessária, maior o motor. É nesses cenários que se vê com maior frequência o uso de tecnologias hidráulicas e pneumáticas.

Neste capítulo os jovens conhecerão os elementos básicos que compõem um circuito hidráulico ou pneumático, interpretarão circuitos esquemáticos e farão cálculos de pressão e capacidade.

### Objetivos

- Descrever funcionamento de circuitos pneumáticos.
- Identificar componentes de um circuito pneumático.
- Interpretar diagramas de circuitos pneumáticos.
- Descrever funcionamento de circuitos hidráulicos.
- Identificar componentes de um circuito hidráulico
- Interpretar diagramas de circuitos hidráulicos.



# Primeira Aula



A tecnologia pneumática é baseada no uso do ar comprimido para a obtenção de movimentos lineares ou rotativos de alta velocidade. A energia acumulada pelos compressores é transmitida por meio de tubulações até o ponto de trabalho, onde é usada para acionar cilindros ou motores. Válvulas de controle direcional permitem ajustar e definir o comportamento do fluxo de ar.

Nessa aula será discutida a composição básica de um circuito pneumático e o funcionamento dos elementos envolvidos na geração e controle do ar comprimido.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Composição básica de um circuito pneumático

Um circuito pneumático é projetado e construído com a finalidade de fornecer energia a elementos atuadores (cilindros e motores) por meio de ar comprimido.

Pode-se dividir uma instalação pneumática em, basicamente, três conjuntos:

- a) Geração de ar comprimido
- b) Comandos de controle
- c) Atuadores



**Educador**, se houver disponibilidade, leve exemplos dos dispositivos aqui mencionados para a sala de aula de modo que os jovens possam ter contato com cada um. Uma visita pode ser feita ao ambiente da fábrica, com o objetivo de eles pesquisarem os tipos de atuadores mais comumente usados.



No site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) há diversos vídeos descrevendo o funcionamento e as partes componentes dos compressores. Você pode escolher alguns para ilustrar essa aula e elucidar conceitos. Pesquise pelo termo: **compressor**.

Como sugestão:

<http://www.youtube.com/watch?v=bAZGkny8g64>

<http://www.youtube.com/watch?v=IRHkzSdjcFE>

<http://www.youtube.com/watch?v=xO7IhhzImMU>

## A. Geração de ar comprimido

A produção de ar comprimido é feita por meio de compressores eletromecânicos que fazem a admissão do ar atmosférico e o vão armazenando em um reservatório até atingir uma determinada pressão. O compressor de ar é o componente básico de qualquer sistema pneumático. É ele que produz o ar sob pressão que será usado para empurrar, puxar, girar, realizar trabalho ou desenvolver potência. O ar que entra no compressor é empurrado por um sistema de cilindros, parafusos ou palhetas para um reservatório até atingir uma determinada pressão e, então, é descarregado em um sistema de tubos onde será direcionado para os mais diversos fins.

O ar comprimido pode ser usado para impulsionar motores a ar, martelos pneumáticos, ferramentas e outros dispositivos pneumáticos. A figura a seguir ilustra o princípio de funcionamento de um compressor por palhetas:

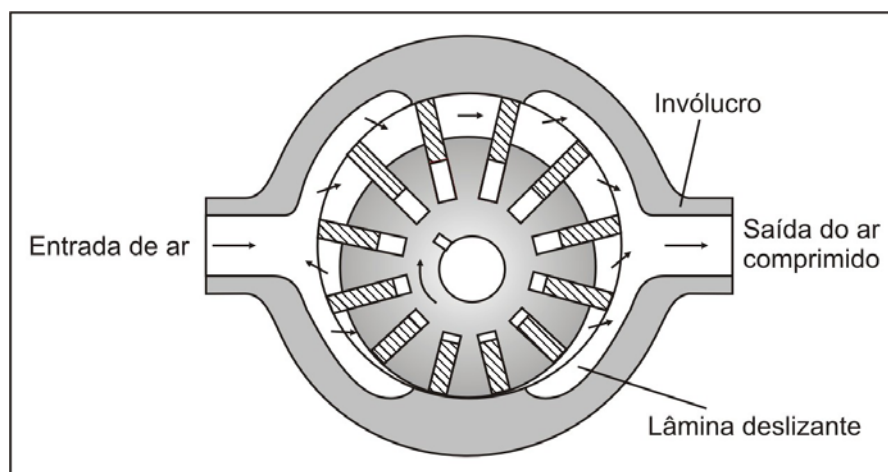


Fig. 1 – Compressor por palhetas móveis.

A capacidade de um compressor é escolhida de acordo com o tamanho do circuito pneumático que ele deverá alimentar. A pressão deve ser uniforme ao longo de toda a linha e, para garantir isso, o mais comum é se construir os circuitos de distribuição de ar em forma de anel, de

modo que o ar chegue a todos os pontos com a mesma velocidade.

O ar que sai do compressor passa por uma unidade chamada FRL (Filtro-Regulador-Lubrificador) que tem a função de eliminar as impurezas (partículas de poeira) do ar, regular sua pressão de acordo com as necessidades da linha de distribuição e elementos de controle e dosar certa quantidade de lubrificante para evitar a oxidação, minimizar o atrito e o conseqüente desgaste das peças móveis com que o ar entra em contato. O FRL também é responsável por controlar a umidade do ar que sai do compressor, absorvendo e drenando o excesso de água que condensa durante a compressão.

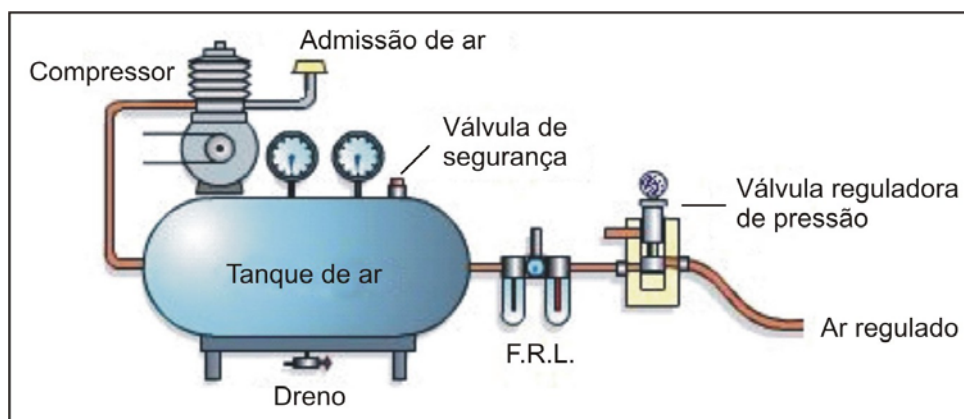


Fig. 2 – Geração e regulação de ar comprimido.

## B. Elementos de controle

O ar comprimido, filtrado e regulado pode ser usado para gerar os mais diversos tipos de trabalho. Sequências de movimentos complexas podem ser obtidas por meio da combinação adequada de válvulas de comando que determinam de que maneira o ar vai fluir para dentro e para fora dos elementos atuadores.

No exemplo a seguir, temos os dois estágios de um circuito pneumático. No desenho da esquerda, antes de o botão *start* ser acionado, o cilindro CYL1 encontra-se recuado e a válvula CYL1+ acionada. Quando o botão *start* é pressionado a válvula direcional Dist1 muda sua posição interna invertendo a entrada de ar no CYL1, que avança. Ao atingir a válvula fim de curso CYL1-, a válvula direcional é comutada novamente fazendo o ar mudar de direção no circuito e recuando o cilindro CYL1.

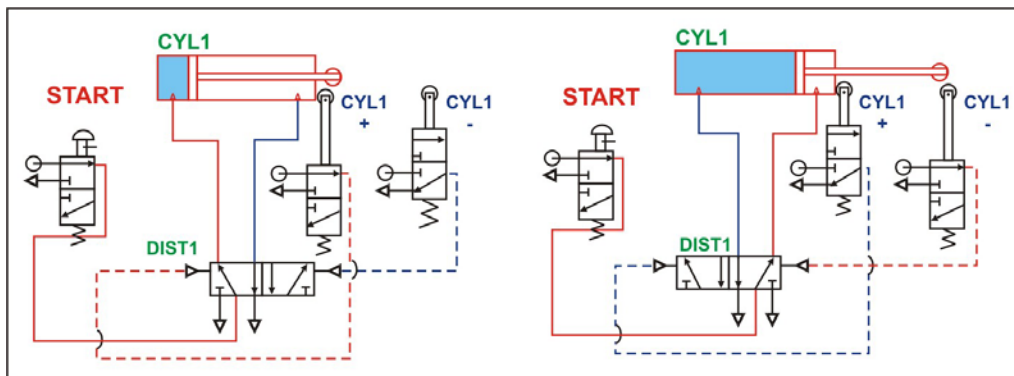


Fig. 3 – Elementos de controle em um circuito pneumático.

Os elementos de controle podem ser os mais variados e podem ser usados para:

- controlar a vazão do ar;
- ajustar pressão de trabalho;
- controlar a direção de fluxo do ar;
- determinar sequências de operação;
- restringir a passagem do ar a somente uma direção.

Podem-se agrupar nessa categoria as válvulas direcionais, as válvulas reguladoras de fluxo, as válvulas de bloqueio e os acionamentos.

A figura a seguir ilustra os principais tipos de acionamento:

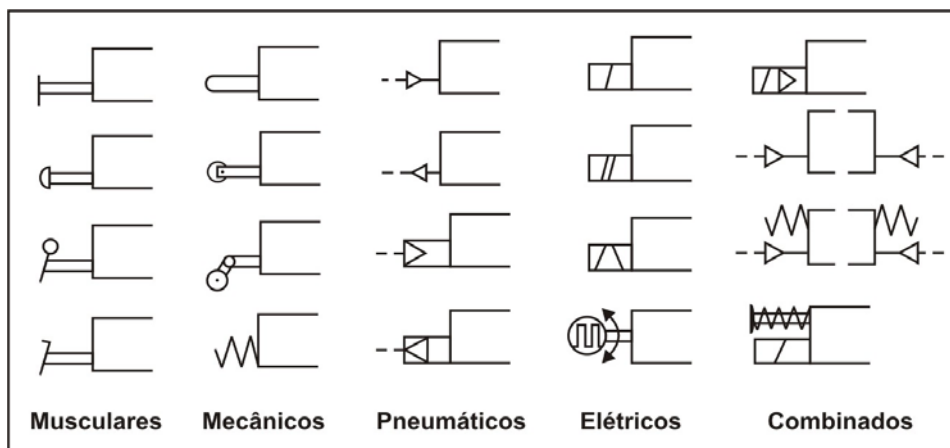


Fig. 4 – Tipos de acionamento pneumático.

Além dos acionamentos, que dão o impulso inicial nos circuitos pneumáticos, há também as válvulas de controle direcionais, que permitem montar sequências de movimentos predefinidas por meio da seleção dos caminhos que o ar comprimido deverá seguir. Na tabela abaixo estão alguns exemplos de vários tipos de construção de válvulas direcionais:



Símbolo	Designação	Interpretação
	2/2	2 vias/2 posições – normalmente aberta
	2/2	2 vias/2 posições – normalmente fechada
	3/2	3 vias/2 posições – normalmente fechada
	3/2	3 vias/2 posições – normalmente aberta
	4/2	4 vias/2 posições
	5/2	5 vias/2 posições
	4/3	4 vias/3 posições – centro fechado
	4/3	4 vias/3 posições – centro aberto para tanque
	5/3	5 vias/3 posições – centro fechado
	5/3	5 vias/3 posições – centro tandem

Tabela 1 – Elementos de controle em um circuito pneumático.

Onde:



Indica o número de posições da válvula



O número de traços indica o número de vias



Setas indicam a direção (sentido) do fluxo do ar

- T ⊥ Representam bloqueios de fluxo  
▲ Indica uma conexão pressurizada

### C. Atuadores

Os elementos finais de um circuito pneumático são os atuadores. São eles que convertem a energia contida no ar comprimido em alguma ação útil. Podem-se citar como exemplos de atuadores pneumáticos:

- cilindros de ação simples ou dupla
- motores mono ou bidirecionais
- ventosas
- sopradores
- mesas cartesianas



Fig. 5 – Cilindros e ventosas pneumáticos.



## Composição básica de um circuito pneumático

Um circuito pneumático é projetado e construído com a finalidade de fornecer energia a elementos atuadores (cilindros e motores) por meio de ar comprimido.

Pode-se dividir uma instalação pneumática em, basicamente, três conjuntos:

- a) Geração de ar comprimido
- b) Comandos de controle
- c) Atuadores

### A. Geração de ar comprimido

A produção de ar comprimido é feita por meio de compressores eletromecânicos que fazem a admissão do ar atmosférico e o vão armazenando em um reservatório até atingir uma determinada pressão. O compressor de ar é o componente básico de qualquer sistema pneumático. É ele que produz o ar sob pressão que será usado para empurrar, puxar, girar, realizar trabalho ou desenvolver potência. O ar que entra no compressor é empurrado por um sistema de cilindros, parafusos ou palhetas para um reservatório até atingir uma determinada pressão e, então, é descarregado em um sistema de tubos onde será direcionado para os mais diversos fins.

O ar comprimido pode ser usado para impulsionar motores a ar, martelos pneumáticos, ferramentas e outros dispositivos pneumáticos. A figura a seguir ilustra o princípio de funcionamento de um compressor por palhetas:

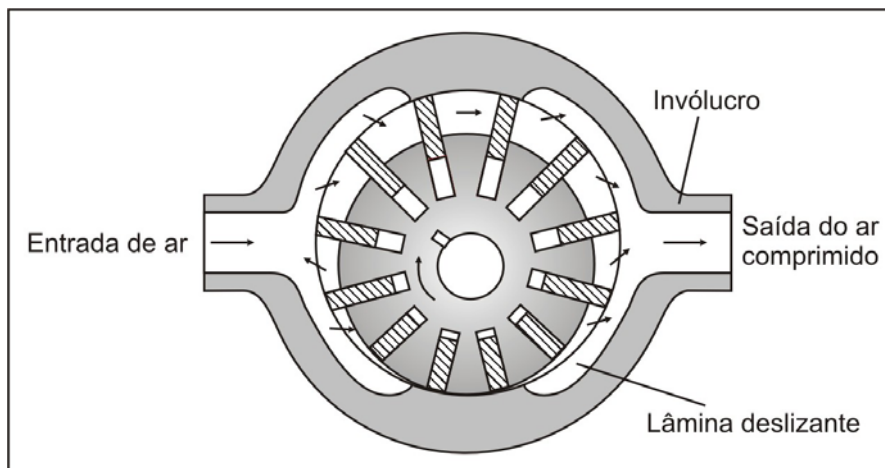


Fig. 1 – Compressor por palhetas móveis.

A capacidade de um compressor é escolhida de acordo com o tamanho do circuito pneumático que ele deverá alimentar. A pressão deve ser uniforme ao longo de toda a linha e, para garantir isso, o mais comum é se construir os circuitos de distribuição de ar em forma de anel, de modo que o ar chegue a todos os pontos com a mesma velocidade.

O ar que sai do compressor passa por uma unidade chamada FRL (Filtro-Regulador-Lubrificador) que tem a função de eliminar as impurezas (partículas de poeira) do ar, regular sua pressão de acordo com as necessidades da linha de distribuição e elementos de controle e dosar certa quantidade de lubrificante para evitar a oxidação,

minimizar o atrito e o conseqüente desgaste das peças móveis com que o ar entra em contato. O FRL também é responsável por controlar a umidade do ar que sai do compressor, absorvendo e drenando o excesso de água que condensa durante a compressão.

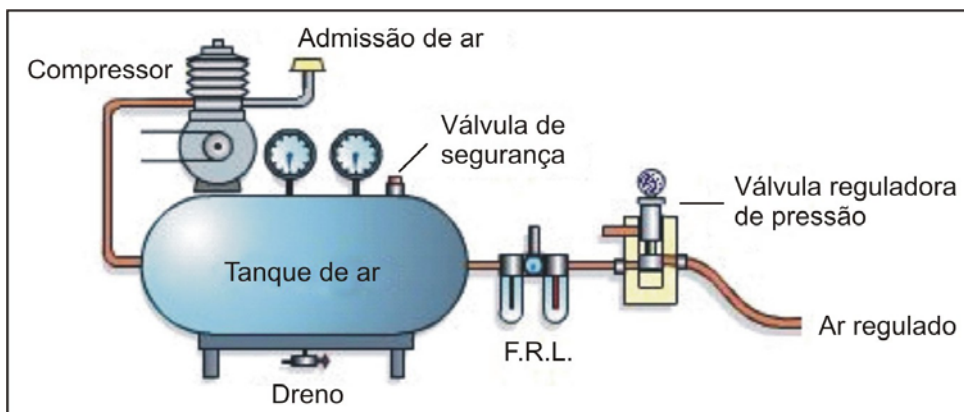


Fig. 2 – Geração e regulação de ar comprimido.

## B. Elementos de controle

O ar comprimido, filtrado e regulado pode ser usado para gerar os mais diversos tipos de trabalho. Sequências de movimentos complexas podem ser obtidas por meio da combinação adequada de válvulas de comando que determinam de que maneira o ar vai fluir para dentro e para fora dos elementos atuadores.

No exemplo a seguir, temos os dois estágios de um circuito pneumático. No desenho da esquerda, antes de o botão *start* ser acionado, o cilindro CYL1 encontra-se recuado e a válvula CYL1+ acionada. Quando o botão *start* é pressionado a válvula direcional Dist1 muda sua posição interna invertendo a entrada de ar no CYL1, que avança. Ao atingir a válvula fim de curso CYL1-, a válvula direcional é comutada novamente fazendo o ar mudar de direção no circuito e recuando o cilindro CYL1.

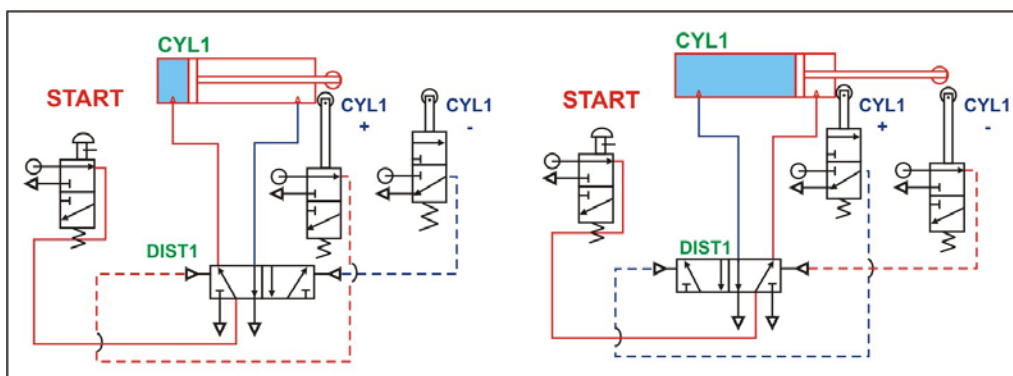


Fig. 3 – Elementos de controle em um circuito pneumático.

Os elementos de controle podem ser os mais variados e podem ser usados para:

- controlar a vazão do ar;
- ajustar pressão de trabalho;
- controlar a direção de fluxo do ar;
- determinar sequências de operação;
- restringir a passagem do ar a somente uma direção.

Podem-se agrupar nessa categoria as válvulas direcionais, as válvulas reguladoras de fluxo, as válvulas de bloqueio e os acionamentos.

A figura a seguir ilustra os principais tipos de acionamento:

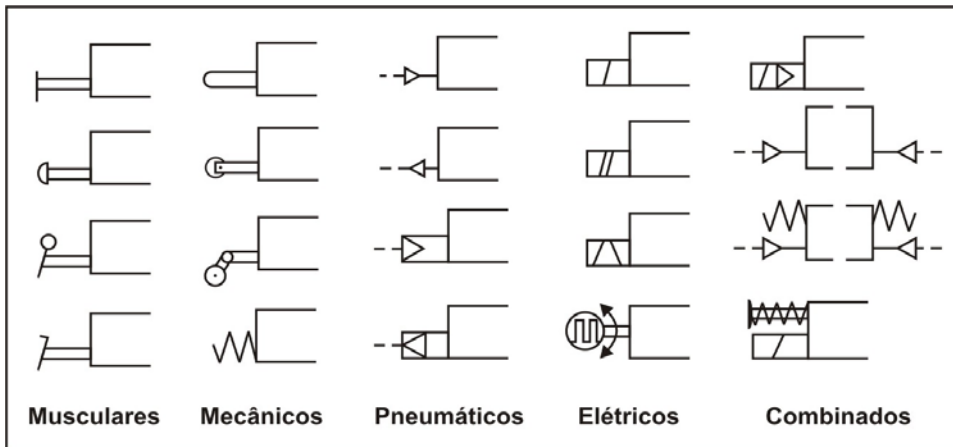


Fig. 4 – Tipos de acionamento pneumático.

Além dos acionamentos, que dão o impulso inicial nos circuitos pneumáticos, há também as válvulas de controle direcionais, que permitem montar seqüências de movimentos predefinidas por meio da seleção dos caminhos que o ar comprimido deverá seguir. Na tabela abaixo estão alguns exemplos de vários tipos de construção de válvulas direcionais:

Símbolo	Designação	Interpretação
	2/2	2 vias/2 posições – normalmente aberta
	2/2	2 vias/2 posições – normalmente fechada
	3/2	3 vias/2 posições – normalmente fechada
	3/2	3 vias/2 posições – normalmente aberta
	4/2	4 vias/2 posições
	5/2	5 vias/2 posições
	4/3	4 vias/3 posições – centro fechado

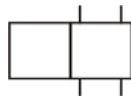
	4/3	4 vias/3 posições – centro aberto para tanque
	5/3	5 vias/3 posições – centro fechado
	5/3	5 vias/3 posições – centro <i>tandem</i>

Tabela 1 – Elementos de controle em um circuito pneumático.

Onde:



Indica o número de posições da válvula



O número de traços indica o número de vias



Setas indicam a direção (sentido) do fluxo do ar



Representam bloqueios de fluxo



Indica uma conexão pressurizada

### C. Atuadores

Os elementos finais de um circuito pneumático são os atuadores. São eles que convertem a energia contida no ar comprimido em alguma ação útil. Podem-se citar como exemplos de atuadores pneumáticos:

- cilindros de ação simples ou dupla
- motores mono ou bidirecionais
- ventosas
- sopradores
- mesas cartesianas



Fig. 5 – Cilindros e ventosas pneumáticos.

## Segunda Aula



Para se trabalhar com pneumática ou hidráulica é necessário conhecer alguns conceitos físicos importantes relacionados ao comportamento de gases e líquidos sob pressão. O cálculo e o dimensionamento dos elementos de circuitos pneumáticos e hidráulicos, tais como tubulações, válvulas, atuadores, bombas e compressores é baseado em grandezas físicas conhecidas como, por exemplo, a pressão, vazão, força e velocidade.

Nessa aula serão apresentados os cálculos básicos relacionados ao projeto de circuitos pneumáticos.



### Passo 1 / Aula teórica



40 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Pressão e força de trabalho

Em pneumática uma das variáveis mais importantes para o dimensionamento de projetos é a pressão que atuará nos circuitos.

A pressão é igual à força dividida pela área onde essa força atua. Para se determinar a relação entre essas três grandezas usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Onde:

- pressão é dada em Kgf/cm<sup>2</sup>
- força é dada em Kgf
- área é dada em cm<sup>2</sup>

Dessa relação também se pode tirar a seguinte conclusão: a força é proporcional à pressão e à área, ou seja:



#### Êmbolo

É uma peça cilíndrica em ferro ou liga metálica que se move longitudinalmente no interior do cilindro, podendo ou não ter uma haste acoplada a ele.

$$\text{Força} = \text{Pressão} \times \text{Área}$$

Por exemplo, supondo que um atuador está recebendo ar comprimido a uma pressão de 5Kgf/cm<sup>2</sup> e que a área de seu **êmbolo** é de 20 cm<sup>2</sup>. Nesse caso então se tem que:

$$\text{Força} = 5\text{Kgf/cm}^2 \times 20 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Força} = 100 \text{ Kgf}$$

Países diferentes podem usar unidades de medida diferentes para a pressão. A tabela a seguir mostra os fatores de conversão para unidades de pressão:

1 atm	1,0333 kgf/cm <sup>2</sup>	1 bar	0,9867 atm
1 atm	1,0134 bar	1 bar	1,0196 kgf/cm <sup>2</sup>
1 atm	14,697 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )	1 bar	14,503 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )
1 atm	760 mmHg	1 bar	759 mmHg
1 kgf/cm <sup>2</sup>	0,9677 atm	1 psi	0,0680 atm
1 kgf/cm <sup>2</sup>	0,9807 bar	1 psi	0,0703 kgf/cm <sup>2</sup>
1 kgf/cm <sup>2</sup>	14,223 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )	1 psi	0,0689 bar
1 kgf/cm <sup>2</sup>	736 mmHg	1 psi	51,719 mmHg

**Educador**, os conceitos discutidos nesta aula são aplicados tanto a circuitos hidráulicos quanto aos pneumáticos. Ao final desta aula serão realizados exercícios para reforçar a assimilação dos mesmos.

Outra grandeza importante tanto em circuitos pneumáticos quanto em hidráulicos é a velocidade do fluido, e está diretamente relacionada à vazão do sistema. A fórmula a seguir permite determinar a velocidade com base na vazão e na área da secção transversal da tubulação. A velocidade é inversamente proporcional à área, ou seja, quanto menor for o diâmetro da tubulação maior será a velocidade do fluido, e vice-versa:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Vazão}}{\text{Área}}$$

Onde:

- velocidade é dada em dm/min



- vazão é dada em litro/min (ou  $\text{dm}^3/\text{min}$ )
- área é dada em  $\text{dm}^2$

Uma terceira grandeza importante a se considerar é a potência:

$$\text{Potência} = \text{Força} \times \text{Velocidade}$$

No entanto, sabe-se que:

$$\text{Força} = \text{Pressão} \times \text{Área}$$

Combinando-se as fórmulas de força e velocidade, obtém-se:

$$\text{Potência} = \text{Pressão} \times \cancel{\text{Área}} \times \frac{\text{Vazão}}{\cancel{\text{Área}}}$$

Logo:

$$\text{Potência} = \text{Pressão} \times \text{Vazão}$$

Onde:

- potência é dada em cv ( $1 \text{ cv} = 736\text{W} = 0,986 \text{ HP}$ )
- pressão é dada em  $\text{kgf}/\text{cm}^2$
- vazão é dada em litros/min (ou  $\text{dm}^3/\text{min}$ )



## Passo 2 / Exercícios



10 min



Exercício de fixação 4 disponível no fim do caderno.





## Pressão e força de trabalho

Em pneumática uma das variáveis mais importantes para o dimensionamento de projetos é a pressão que atuará nos circuitos.

A pressão é igual à força dividida pela área onde essa força atua. Para se determinar a relação entre essas três grandezas usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Onde:

- pressão é dada em  $\text{Kgf/cm}^2$
- força é dada em  $\text{Kgf}$
- área é dada em  $\text{cm}^2$

Dessa relação também se pode tirar a seguinte conclusão: a força é proporcional à pressão e à área, ou seja:

$$\text{Força} = \text{Pressão} \times \text{Área}$$

Por exemplo, supondo que um atuador está recebendo ar comprimido a uma pressão de  $5\text{Kgf/cm}^2$  e que a área de seu êmbolo é de  $20\text{ cm}^2$ . Nesse caso então se tem que:

$$\text{Força} = 5\text{Kgf/cm}^2 \times 20\text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Força} = 100\text{ Kgf}$$

Países diferentes podem usar unidades de medida diferentes para a pressão. A tabela a seguir mostra os fatores de conversão para unidades de pressão:

1 atm	1,0333 $\text{kgf/cm}^2$	1 bar	0,9867 atm
1 atm	1,0134 bar	1 bar	1,0196 $\text{kgf/cm}^2$
1 atm	14,697 psi ( $\text{lbf/pol}^2$ )	1 bar	14,503 psi ( $\text{lbf/pol}^2$ )
1 atm	760 mmHg	1 bar	759 mmHg
1 $\text{kgf/cm}^2$	0,9677 atm	1 psi	0,0680 atm
1 $\text{kgf/cm}^2$	0,9807 bar	1 psi	0,0703 $\text{kgf/cm}^2$
1 $\text{kgf/cm}^2$	14,223 psi ( $\text{lbf/pol}^2$ )	1 psi	0,0689 bar
1 $\text{kgf/cm}^2$	736 mmHg	1 psi	51,719 mmHg

Outra grandeza importante tanto em circuitos pneumáticos quanto em hidráulicos é a velocidade do fluido, e está diretamente relacionada à vazão do sistema. A fórmula a seguir permite determinar a velocidade com base na vazão e na área da seção transversal da tubulação. A velocidade é inversamente proporcional à área, ou seja,

quanto menor for o diâmetro da tubulação maior será a velocidade do fluido, e vice-versa:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Vazão}}{\text{Área}}$$

Onde:

- velocidade é dada em dm/min
- vazão é dada em litro/min (ou  $\text{dm}^3/\text{min}$ )
- área é dada em  $\text{dm}^2$

Uma terceira grandeza importante a se considerar é a potência:

$$\text{Potência} = \text{Força} \times \text{Velocidade}$$

No entanto, sabe-se que:

$$\text{Força} = \text{Pressão} \times \text{Área}$$

Combinando-se as fórmulas de força e velocidade, obtém-se:

$$\text{Potência} = \text{Pressão} \times \cancel{\text{Área}} \times \frac{\text{Vazão}}{\cancel{\text{Área}}}$$

Logo:

$$\text{Potência} = \text{Pressão} \times \text{Vazão}$$

Onde:

- potência é dada em cv (1 cv = 736W = 0,986 HP)
- pressão é dada em  $\text{kgf}/\text{cm}^2$
- vazão é dada em litros/min (ou  $\text{dm}^3/\text{min}$ )

# Terceira Aula



O ar comprimido é transportado pelas tubulações e chega até os elementos atuadores finais que convertem a energia acumulada em movimentos de deslocamento, impacto ou rotação.

Tais elementos atuadores podem ser de simples ou dupla ação, lineares ou rotativos (motores) dependendo de como o ar é injetado ou expelido dos mesmos.

Nessa aula será apresentada a estrutura básica de cilindros de simples e de dupla ação, bem como suas respectivas formas de representação.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Cilindros de ação simples e de dupla ação

Cilindros ou atuadores de ação simples são aqueles que recebem ar somente numa direção. O movimento de recuo do êmbolo, e conseqüentemente da haste, é realizado por meio de mola ou força externa.

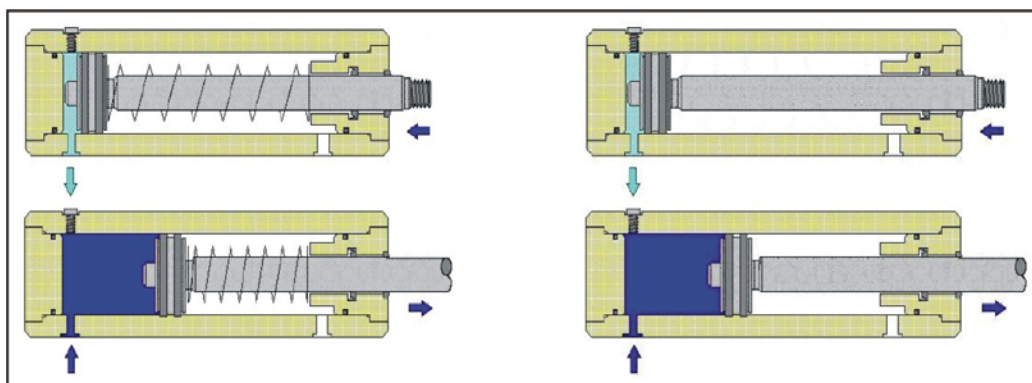
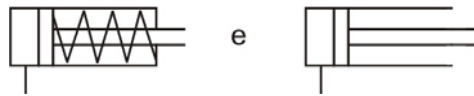


Fig. 6 – Cilindros de ação simples com retorno por mola e por força externa.

Os símbolos para representar esses tipos de atuador são respectivamente:



Cilindros ou atuadores de dupla ação são aqueles que recebem ar em ambas as direções. Os movimentos de avanço e de recuo do êmbolo são provocados pela pressão do ar injetado, ora num sentido, ora noutro. Com esse tipo de atuador conseguem-se movimentos controlados nas duas direções.

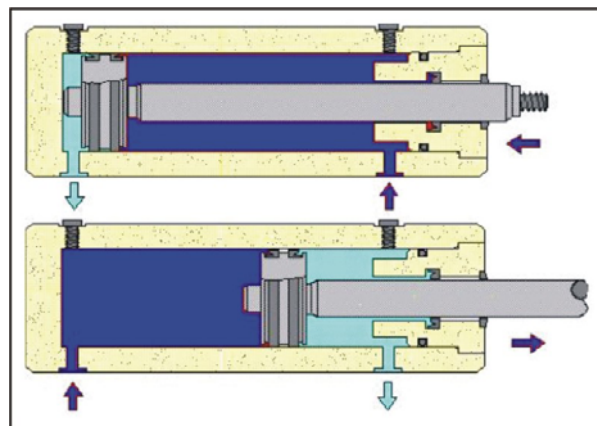


Fig. 7 – Cilindros de ação dupla.



**Educador**, uma busca no *site* [www.youtube.com](http://www.youtube.com) por termos como: atuador, cilindro, pneumática, etc. retorna muitos exemplos que podem ser usados para enriquecer suas explicações. Se o idioma inglês não for um grande obstáculo, sugere-se também a pesquisa dos termos nesse idioma, pois o número de resultados cresce significativamente.

O símbolo usado para representar esse tipo de atuador é o seguinte:



Outros elementos atuadores pneumáticos com suas respectivas simbologias estão a seguir:

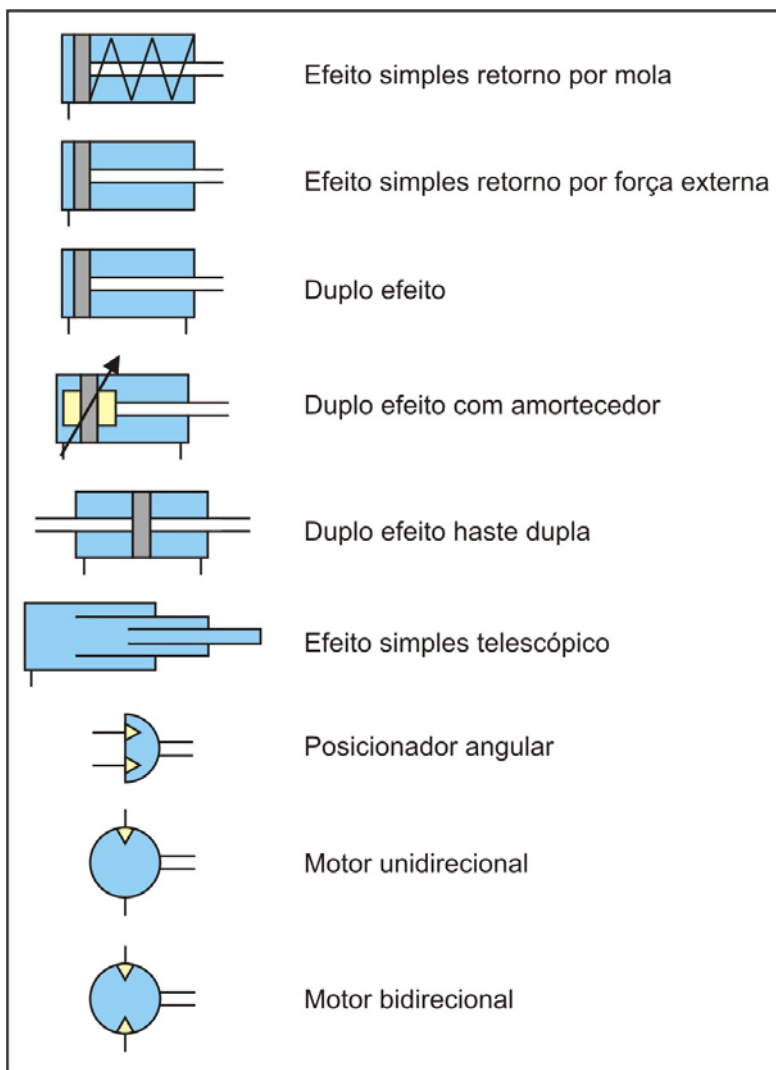


Fig. 8 – Simbologia de atuadores pneumáticos.



Providencie diagramas de circuitos pneumáticos usados no ambiente da fábrica e peça aos jovens para identificarem os diversos tipos de atuadores. É importante também, sempre que possível, mostrar exemplos de equipamentos e dispositivos reais para que os jovens possam associar os símbolos aos seus correspondentes físicos.







## Cilindros de ação simples e de dupla ação

Cilindros ou atuadores de ação simples são aqueles que recebem ar somente numa direção. O movimento de recuo do êmbolo, e conseqüentemente da haste, é realizado por meio de mola ou força externa.

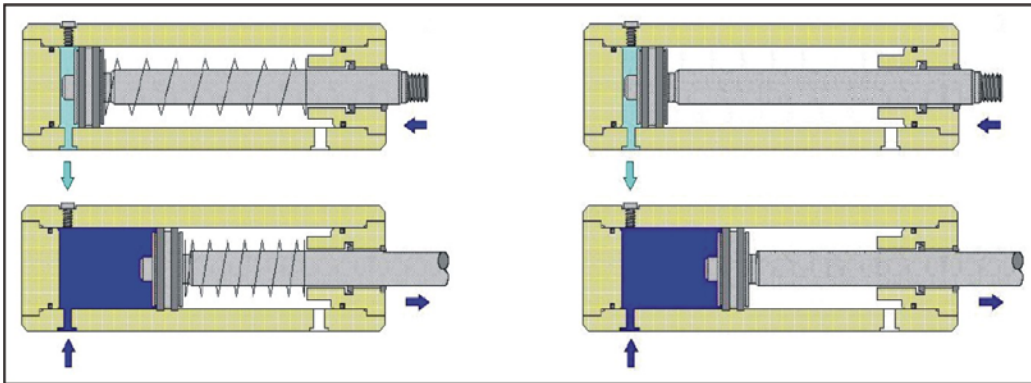
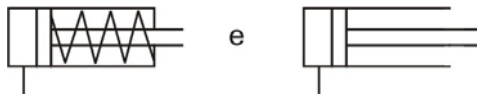


Fig. 1 – Cilindros de ação simples com retorno por mola e por força externa.

Os símbolos para representar esses tipos de atuador são respectivamente:



Cilindros ou atuadores de dupla ação são aqueles que recebem ar em ambas as direções. Os movimentos de avanço e de recuo do êmbolo são provocados pela pressão do ar injetado, ora num sentido, ora noutro. Com esse tipo de atuador conseguem-se movimentos controlados nas duas direções.

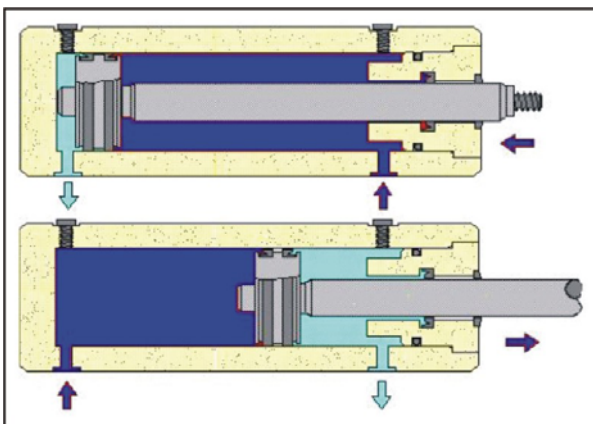


Fig. 2 – Cilindros de ação dupla.

O símbolo usado para representar esse tipo de atuador é o seguinte:



Outros elementos atuadores pneumáticos com suas respectivas simbologias estão a seguir:

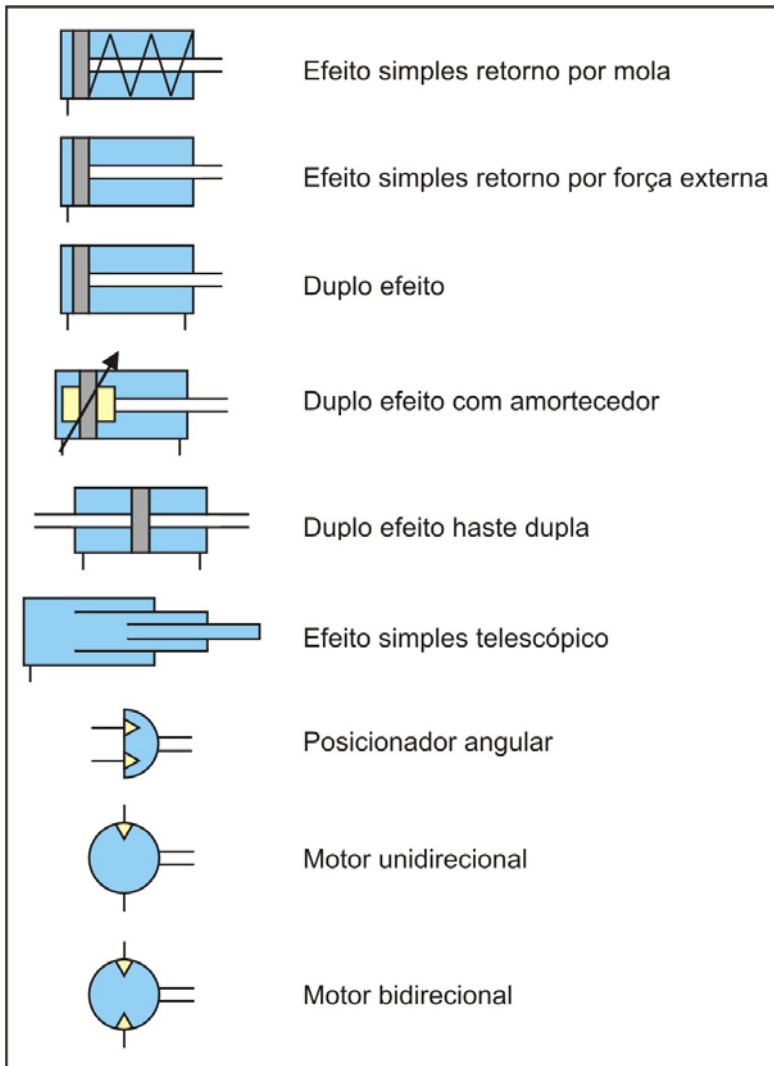


Fig. 3 – Simbologia de atuadores pneumáticos.

## Quarta Aula



Como visto em uma aula anterior, o papel dos sensores em sistemas de automação é simplesmente essencial, pois é graças a eles que os dados podem ser obtidos a partir dos diversos processos para serem analisados pelos controladores e gerar uma ação de controle.

Com sistemas pneumáticos e eletropneumáticos não é diferente. O controle do posicionamento e da velocidade de atuadores é obtido por meio da realimentação de sinais fornecidos por sensores instalados estrategicamente na planta do processo.

Nessa aula serão apresentados os principais tipos de sensores usados para monitorar o posicionamento e o fim de curso de atuadores pneumáticos.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Sensores analógicos e digitais

Quando se projeta um circuito pneumático para executar uma determinada ação ou conjunto de ações, o encaideamento da sequência de movimentos é sincronizado por meio de sensores estrategicamente posicionados em pontos-chave da instalação.

Por exemplo, tomando como base a furadeira a seguir:

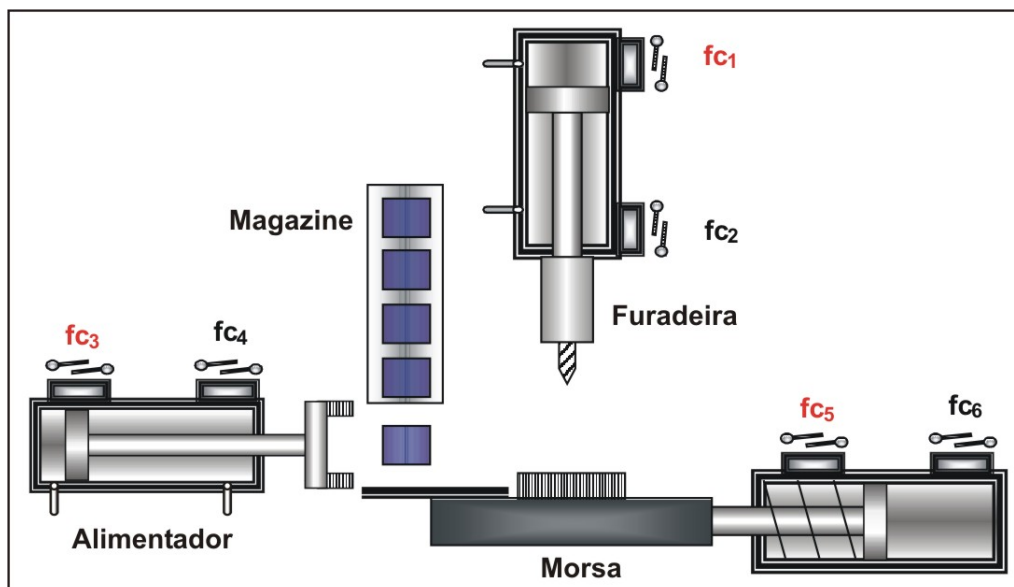


Fig. 9 – Furadeira pneumática com detecção de fim de curso por meio de *reed switches*.

O acionamento da furadeira, do cilindro alimentador e da morsa pneumática que vai segurar a peça enquanto ela é furada deve ser feito de forma sequenciada e sincronizada com os movimentos de avanço e retrocesso dos pistões. Para se conseguir isso são posicionados sensores de fim de curso nos extremos do movimento do cilindro. Tais sensores detectam o momento em que o êmbolo atinge o limite de curso e enviam um sinal elétrico a um CLP, por exemplo, para que ele possa prosseguir com a sequência de movimentos.



**Educador**, realize uma busca no site [www.youtube.com](http://www.youtube.com) pelo termo: **sensor**. Há diversos vídeos descrevendo o funcionamento, tipo e as partes componentes de vários tipos de sensores.

Como sugestão:

<http://www.youtube.com/watch?v=8ovPSzscyEw>

<http://www.youtube.com/watch?v=RNYgCuwSkGA>

<http://www.youtube.com/watch?v=vY9OHowzzYs>



#### Potenciométrico

Característica dos dispositivos que operam de forma similar a um potenciômetro (componente capaz de variar a resistência elétrica entre dois terminais em função do deslocamento de um cursor ao longo de uma pista de carbono ou grafite).

Sensores de fim de curso podem ser dos mais variados tipos, sendo os mais comuns:

- óticos
- indutivos
- capacitivos
- eletromagnéticos
- eletromecânicos
- **potenciométricos**



**Educador, procure levar alguns desses sensores para a aula, de modo que os jovens possam identificar suas características e observar seu funcionamento.**

Os sensores óticos emitem um sinal elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal luminoso é refletido por um objeto. Podem ser usados para contagem e detecção do posicionamento de corpos. São constituídos de um *led* (diodo emissor de luz) e um fototransistor (que funciona como interruptor acionado por luz), que podem estar no mesmo corpo ou em módulos separados. A aproximação de um objeto faz com que a luz emitida pelo *led* seja refletida para o fototransistor ocasionando a ação do sensor. Sua principal vantagem é que não dependem do tipo do material para funcionar, porém, se houver sujeira no ambiente, com o tempo a leitura poderá se tornar comprometida.

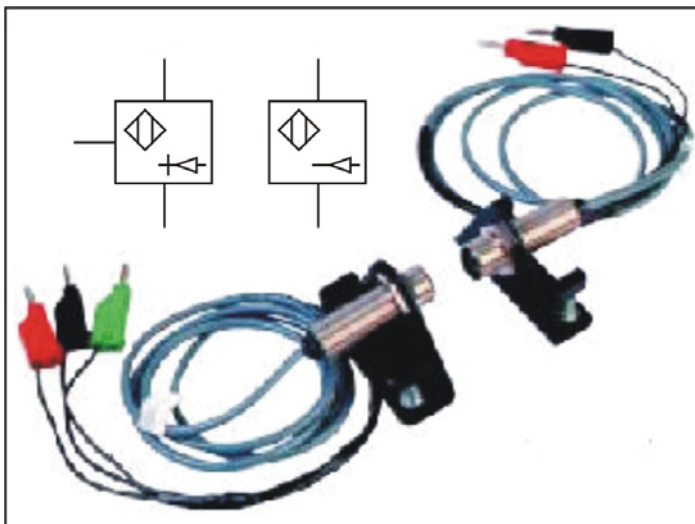
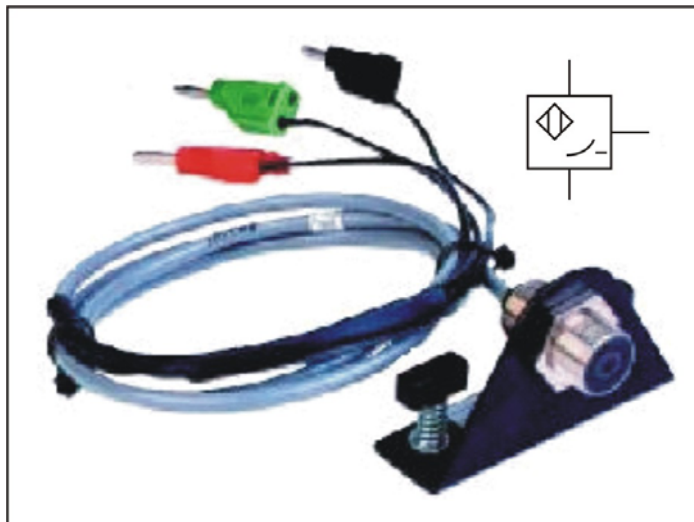


Fig. 10 – Sensor ótico por barreira de luz e simbologia.

Os sensores indutivos são capazes de detectar a presença de materiais metálicos e podem ser usados para fazer seleção de peças em função do tipo de material ou como sensores de fim de curso. Comparados aos sensores óticos possuem um alcance bastante reduzido. São constituídos de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador. O circuito oscilador gera um campo magnético por meio de uma bobina, e a aproximação de um corpo metálico altera as características desse campo fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF, ou vice-versa).

Fig. 11 – Sensor indutivo e simbologia.



Sensores capacitivos têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos e possuem um *range* de atuação ainda menor que o dos indutivos, portanto precisam ficar bem próximos do objeto que vão detectar. Têm o princípio de funcionamento similar ao do sensor indutivo, mas em vez de um indutor, o seu disparo é feito pela variação do dielétrico de um capacitor. Podem detectar corpos sólidos ou até líquidos, mas estão sujeitos a interferências como poeira e cavaco.

Fig. 12 – Sensor capacitivo e simbologia.



Também conhecidos como chaves magnéticas, os *reed switches* fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético, que pode ser criado por um ímã permanente ou um eletroímã. São formados por um par de contatos encerrados dentro de uma ampola e separados por uma resina ou gás inerte. A aproximação de um ímã faz com que esses contatos se unam, permitindo a passagem de corrente elétrica por

eles. No exemplo anterior da furadeira, os sensores de fim de curso poderiam ser sensibilizados por um campo magnético gerado por um êmbolo imantado.

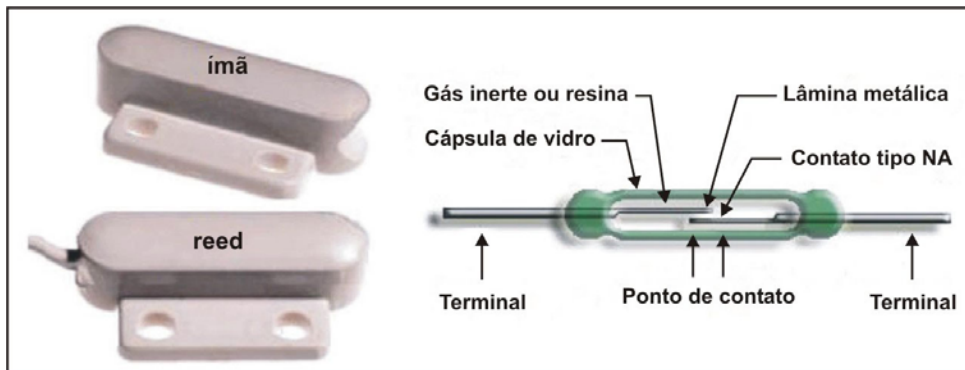


Fig. 13 – Reed switch ou chave magnética.

Sensores eletromecânicos correspondem a chaves interruptoras acionadas por *comes*, gatilhos ou roletes, e são os tipos de sensores mais simples e baratos para se fazer monitoramento de fim de curso. Os que são acionados por *comes* ou roletes não fazem distinção da direção de acionamento, porém os de gatilho só são acionados numa determinada direção.

Esse tipo de sensor pode ser posicionado tanto nos fins de curso quanto em pontos intermediários, porém neste último caso o elemento, sendo sensoriado, deverá possuir algum tipo de ranhura ou ressalto para ativar o sensor.

A seguir estão dois modelos distintos:

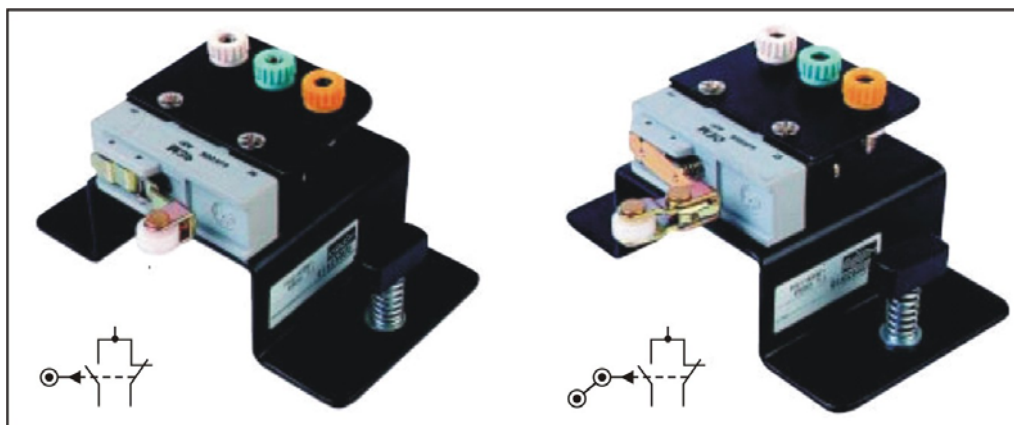


Fig. 14 – Fins de curso acionados por rolete e por gatilho.

Por fim, os sensores potenciométricos têm a propriedade de produzir um sinal elétrico variável proporcional ao posicionamento de um cursor elétrico. Esse cursor pode ser acoplado ao eixo do cilindro para medir com precisão a posição real do êmbolo e com isso gerar movimentos mais controlados.

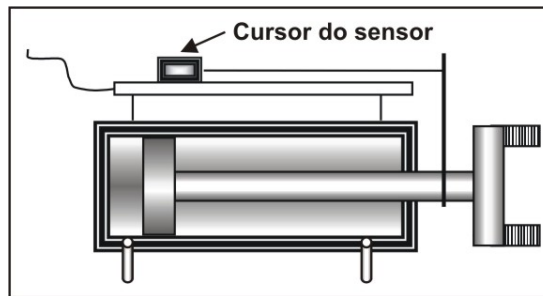


Fig. 15 – Sensor potenciométrico.





## Sensores analógicos e digitais

Quando se projeta um circuito pneumático para executar uma determinada ação ou conjunto de ações, o encadeamento da sequência de movimentos é sincronizado por meio de sensores estrategicamente posicionados em pontos-chave da instalação.

Por exemplo, tomando como base a furadeira a seguir:

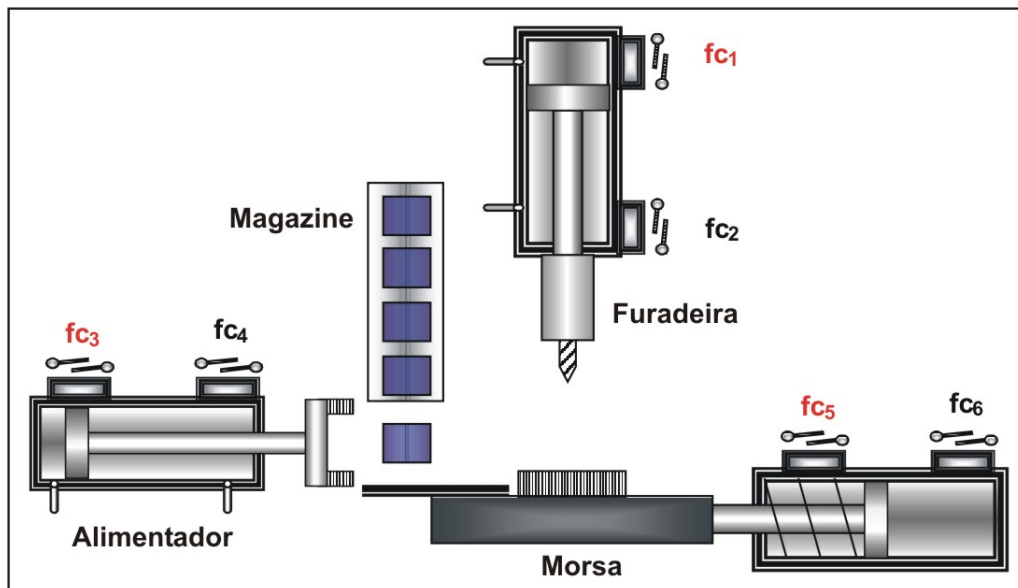


Fig. 1 – Furadeira pneumática com detecção de fim de curso por meio de reed switches.

O acionamento da furadeira, do cilindro alimentador e da morsa pneumática que vai segurar a peça enquanto ela é furada deve ser feito de forma sequenciada e sincronizada com os movimentos de avanço e retrocesso dos pistões. Para se conseguir isso são posicionados sensores de fim de curso nos extremos do movimento do cilindro. Tais sensores detectam o momento em que o êmbolo atinge o limite de curso e enviam um sinal elétrico a um CLP, por exemplo, para que ele possa prosseguir com a sequência de movimentos.

Sensores de fim de curso podem ser dos mais variados tipos, sendo os mais comuns:

- óticos
- indutivos
- capacitivos
- eletromagnéticos
- eletromecânicos
- potenciométricos

Os sensores óticos emitem um sinal elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal luminoso é refletido por um objeto. Podem ser usados para contagem e detecção do posicionamento de corpos. São constituídos de um *led* (diodo emissor de luz) e um fototransistor (que funciona como interruptor acionado por luz), que podem estar no mesmo corpo ou em módulos separados. A aproximação de um objeto faz com que a luz emitida pelo *led* seja refletida para o fototransistor ocasionando a ação do sensor. Sua principal vantagem é que não dependem do tipo

do material para funcionar, porém, se houver sujeira no ambiente, com o tempo a leitura poderá se tornar comprometida.

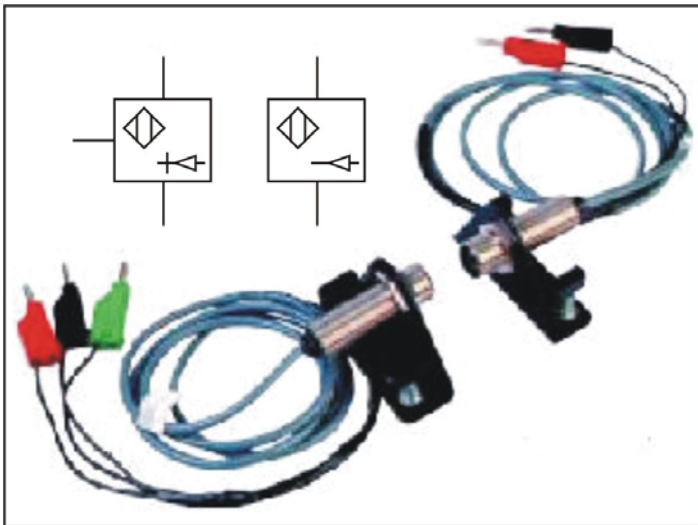


Fig. 2 – Sensor óptico por barreira de luz e simbologia.

Os sensores indutivos são capazes de detectar a presença de materiais metálicos e podem ser usados para fazer seleção de peças em função do tipo de material ou como sensores de fim de curso. Comparados aos sensores óticos possuem um alcance bastante reduzido. São constituídos de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador. O circuito oscilador gera um campo magnético por meio de uma bobina, e a aproximação de um corpo metálico altera as características desse campo fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF, ou vice-versa).

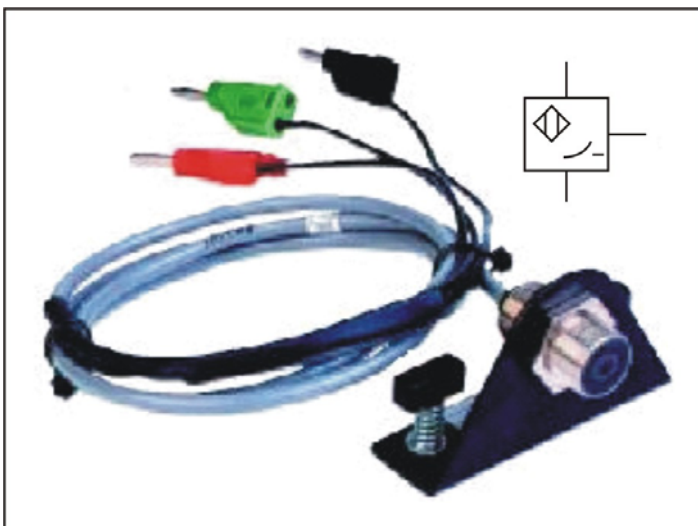


Fig. 3 – Sensor indutivo e simbologia.

Sensores capacitivos têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos e possuem um *range* de atuação ainda menor que o dos indutivos, portanto precisam ficar bem próximos do objeto que vão detectar. Têm o princípio de funcionamento similar ao do sensor indutivo, mas em vez de um indutor, o seu disparo é feito pela variação do dielétrico de um capacitor. Podem detectar corpos sólidos ou até líquidos, mas estão sujeitos a interferências como poeira e cavaco.



Fig. 4 – Sensor capacitivo e simbologia.

Também conhecidos como chaves magnéticas, os *reed switches* fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético, que pode ser criado por um ímã permanente ou um eletroímã. São formados por um par de contatos encerrados dentro de uma ampola e separados por uma resina ou gás inerte. A aproximação de um ímã faz com que esses contatos se unam, permitindo a passagem de corrente elétrica por eles. No exemplo anterior da furadeira, os sensores de fim de curso poderiam ser sensibilizados por um campo magnético gerado por um êmbolo imantado.

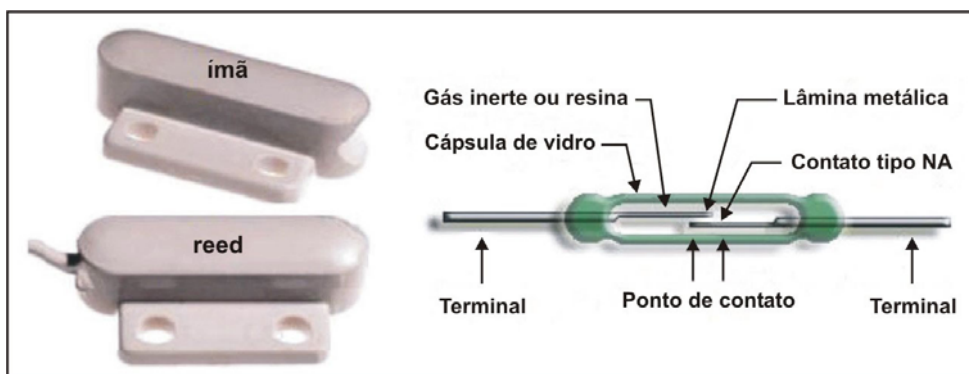


Fig. 5 – Reed switch ou chave magnética.

Sensores eletromecânicos correspondem a chaves interruptoras acionadas por *comes*, gatilhos ou roletes, e são os tipos de sensores mais simples e baratos para se fazer monitoramento de fim de curso. Os que são acionados por *comes* ou roletes não fazem distinção da direção de acionamento, porém os de gatilho só são acionados numa determinada direção.

Esse tipo de sensor pode ser posicionado tanto nos fins de curso quanto em pontos intermediários, porém neste último caso o elemento, sendo sensoriado, deverá possuir algum tipo de ranhura ou ressalto para ativar o sensor.

A seguir estão dois modelos distintos:

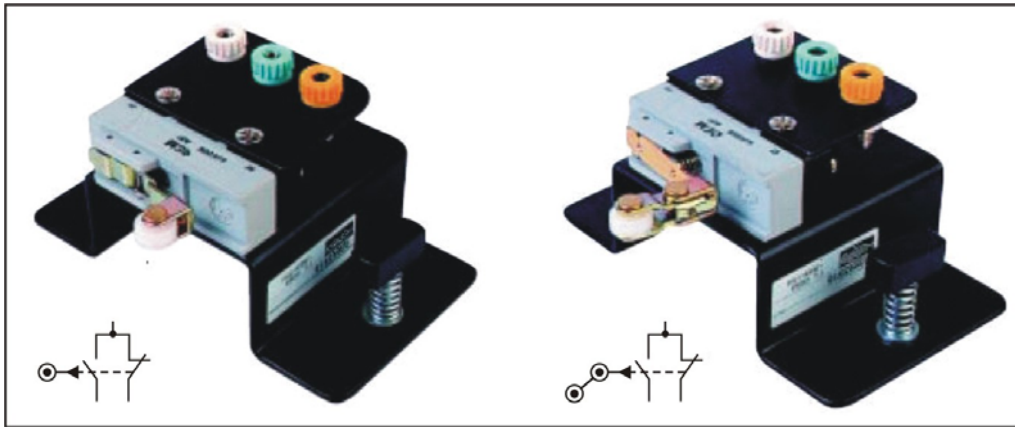


Fig. 6 – Fins de curso acionados por rolete e por gatilho.

Por fim, os sensores potenciométricos têm a propriedade de produzir um sinal elétrico variável proporcional ao posicionamento de um cursor elétrico. Esse cursor pode ser acoplado ao eixo do cilindro para medir com precisão a posição real do êmbolo e com isso gerar movimentos mais controlados.

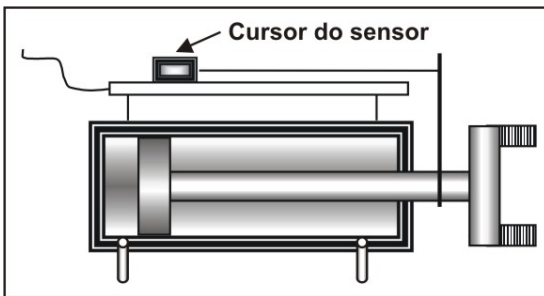


Fig. 7 – Sensor potenciométrico.

## Quinta Aula



Ao se trabalhar com circuitos pneumáticos é importante saber identificar tanto na planta do processo quanto em modelos esquemáticos quais os elementos envolvidos no controle do processo.

Nessa aula os jovens farão um exercício de interpretação de esquemáticos pneumáticos e tentarão descrever as ações que os circuitos desempenharão.

É importante que os jovens estejam familiarizados com a simbologia utilizada nestas situações, de modo que possam realizar análises e efetuar diagnósticos do comportamento dos sistemas em uso.



### Passo 1 / Exercícios



50 min



Exercício de fixação 5 disponível no fim do caderno.



Caso os jovens tenham dificuldade para começar a análise, mostre os passos iniciais e peça para que eles complementem.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos dispositivos abordados nas aulas anteriores. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.



## Sexta Aula

Após estudar os conceitos básicos relacionados aos sistemas pneumáticos e eletropneumáticos é importante que os alunos tenham contato com aplicações reais no ambiente de trabalho para complementar a compreensão dos conhecimentos adquiridos.

Essa aula destina-se a uma visita técnica ao ambiente da fábrica para a pesquisa de aplicações dos elementos estudados em sala de aula e a realização de relatório contendo circuito esquemático e explicação do funcionamento.



### Passo 1 / Orientação



10 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de pesquisar duas aplicações pneumáticas ou eletropneumáticas. Uma vez identificadas tais aplicações, deverão fazer a representação simbólica (componentes) e a descrição do funcionamento dos circuitos. Para preparar esta atividade, oriente-os sobre os procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e de óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita para que eles vistam-se adequadamente.

É importante que os jovens identifiquem os três componentes principais do circuito pneumático:

- Compressor
- Válvulas e sensores
- Atuadores

**Educador**, não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador.



## Passo 2 / visita técnica e pesquisa



40 min

Durante a visita, um profissional da área de automação apresentará alguns dispositivos automatizados com elementos pneumáticos fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem uma boa pesquisa.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um esquema correto e conseqüentemente fazerem um bom relatório.

## Sétima Aula



Nessa aula será realizada uma visita técnica ao ambiente da fábrica, seguida de relatório em sala de aula. O objetivo é acompanhar rotinas para verificação de falhas em circuitos pneumáticos, registrando em relatório os procedimentos executados.



## Passo 1 / Orientação



10 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de pesquisar rotinas para verificação de falhas em circuitos pneumáticos. Posteriormente farão um relatório registrando todos os procedimentos observados.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e de óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita para que eles vistam-se adequadamente.

É importante que os jovens identifiquem os cuidados relativos à:

- manutenção do compressor

- testes de válvulas e atuadores
- procedimentos de limpeza e manutenção preventiva

**Educador**, não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador.



## Passo 2 / Visita técnica e pesquisa



40 min

Durante a visita um profissional da área de automação apresentará alguns procedimentos para verificação de falhas em circuitos pneumáticos.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem um bom relatório.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os procedimentos apresentados para elaborarem um relatório detalhado e bem-estruturado.



## Oitava Aula

A tecnologia hidráulica é baseada no uso de fluido hidráulico, geralmente óleo, para a obtenção de movimentos lineares ou rotativos de baixa a média velocidade com força e torque elevados. A energia fornecida ao fluido hidráulico pelas bombas compressoras é transmitida por meio de tubulações até o ponto de trabalho, onde é usada para acionar cilindros, motores ou prensas. Válvulas de controle direcional permitem ajustar e definir o comportamento do fluxo de óleo.

Nessa aula, será discutida a composição básica de um circuito hidráulico e o funcionamento dos elementos envolvidos na geração e controle do óleo sob pressão.





**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Elementos básicos de um circuito hidráulico

Um circuito hidráulico é projetado e construído com a finalidade de fornecer energia a elementos atuadores (cilindros e motores) por meio de óleo pressurizado.

Pode-se dividir uma instalação pneumática em, basicamente, três conjuntos:

- a) Geração de óleo pressurizado
- b) Comandos de controle
- c) Atuadores



**Educador**, no site <http://www.hidraulicapractica.com/> há muitos recursos que podem auxiliá-lo em suas aulas.

Verifique também os dois vídeos a seguir:

[www.youtube.com/watch?v=U8gjLwU93dc](http://www.youtube.com/watch?v=U8gjLwU93dc) e [www.youtube.com/watch?v=m2zAJEt7M9g](http://www.youtube.com/watch?v=m2zAJEt7M9g).

Uma busca pelo termo **bomba hidráulica**, retorna diversos vídeos similares

### A. Geração de óleo pressurizado

A produção de óleo pressurizado é feita por meio de bombas hidráulicas que fazem a admissão do óleo a partir de um tanque e o impulsionam pelo circuito hidráulico com uma determinada pressão. A bomba de óleo é o componente básico de qualquer sistema hidráulico. É ela que produz o óleo sob pressão que será usado para empurrar, puxar, girar, realizar trabalho ou desenvolver potência. O óleo que entra na bomba é empurrado por um sistema de cilindros, parafusos ou palhetas através de um sistema de tubos onde será direcionado para os mais diversos fins.

O óleo pressurizado pode ser usado para impulsionar motores hidráulicos, prensas, ferramentas e outros dispositivos. A figura a seguir ilustra o princípio de funcionamento de uma bomba do tipo parafuso:

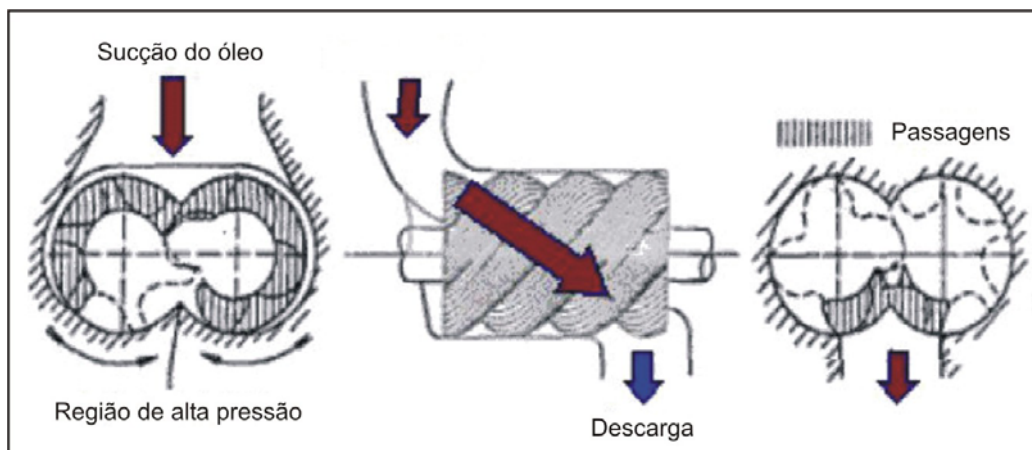


Fig. 16 – Bomba tipo parafuso.

A capacidade de vazão de uma bomba hidráulica é escolhida de acordo com o tamanho do circuito que ela deverá alimentar. A pressão deve ser uniforme ao longo de toda a linha.

O óleo que sai da bomba passa por um sistema que regula sua pressão de acordo com as necessidades da linha de distribuição e elementos de controle.

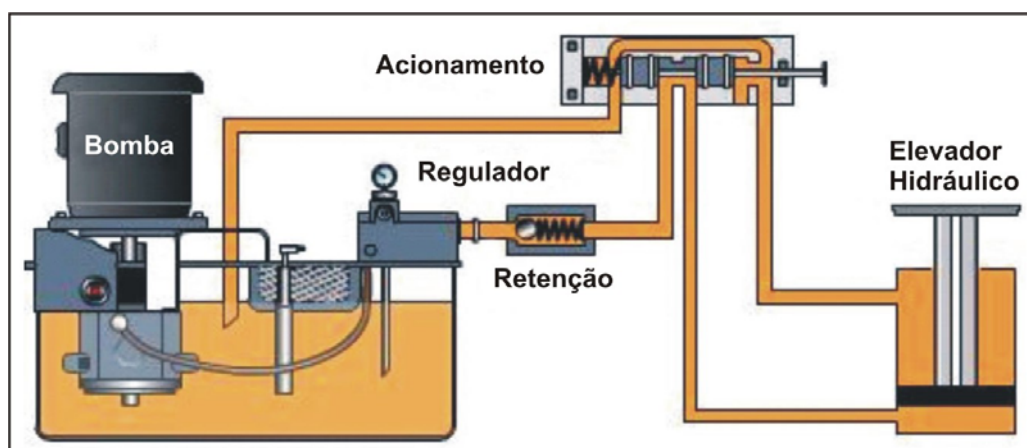


Fig. 17 – Geração e regulação de óleo pressurizado.

## B. Elementos de controle

O óleo pressurizado, filtrado e regulado pode ser usado para gerar os mais diversos tipos de trabalho. Sequências de movimentos complexas podem ser obtidas por meio da combinação adequada de válvulas de comando que determinam de que maneira o óleo vai fluir para dentro e para fora dos elementos atuadores.

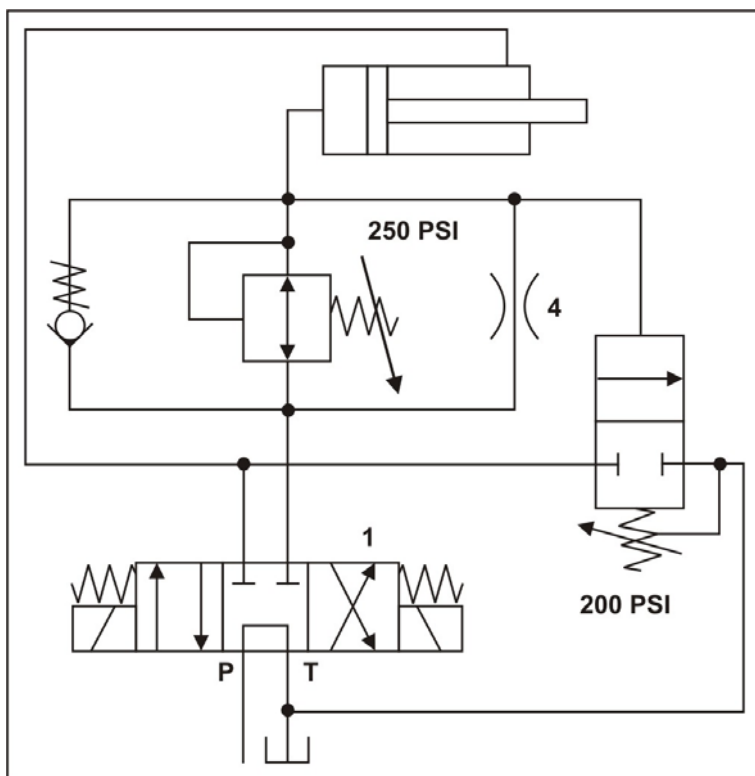


Fig. 18 – Elementos de controle em um circuito hidráulico.

Os elementos de controle podem ser os mais variados e podem ser usados para:

- controlar a vazão do fluido;
- ajustar pressão de trabalho;
- controlar a direção de fluxo;
- determinar sequências de operação;
- restringir a passagem do óleo a somente uma direção.

Podem-se agrupar nessa categoria as válvulas direcionais, as válvulas reguladoras de fluxo, as válvulas de bloqueio e os acionamentos.

Os dois circuitos a seguir ilustram o uso das válvulas e elementos de controle:

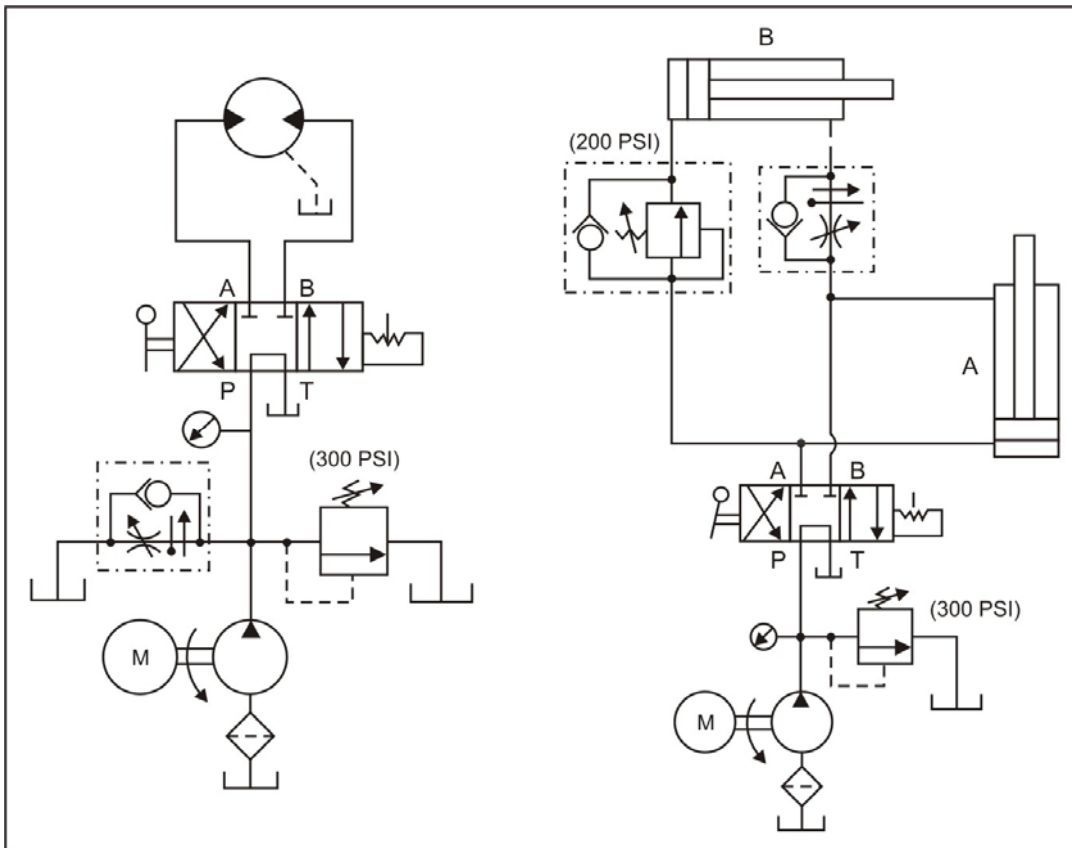


Fig. 19 – Elementos de controle em um circuito hidráulico.



## Elementos básicos de um circuito hidráulico

Um circuito hidráulico é projetado e construído com a finalidade de fornecer energia a elementos atuadores (cilindros e motores) por meio de óleo pressurizado.

Pode-se dividir uma instalação pneumática em, básica-mente, três conjuntos:

- a) Geração de óleo pressurizado
- b) Comandos de controle
- c) Atuadores

### A. Geração de óleo pressurizado

A produção de óleo pressurizado é feita por meio de bombas hidráulicas que fazem a admissão do óleo a partir de um tanque e o impulsionam pelo circuito hidráulico com uma determinada pressão. A bomba de óleo é o componente básico de qualquer sistema hidráulico. É ela que produz o óleo sob pressão que será usado para empurrar, puxar, girar, realizar trabalho ou desenvolver potência. O óleo que entra na bomba é empurrado por um sistema de cilindros, parafusos ou palhetas através de um sistema de tubos onde será direcionado para os mais diversos fins.

O óleo pressurizado pode ser usado para impulsionar motores hidráulicos, prensas, ferramentas e outros dispositivos. A figura a seguir ilustra o princípio de funcionamento de uma bomba do tipo parafuso:

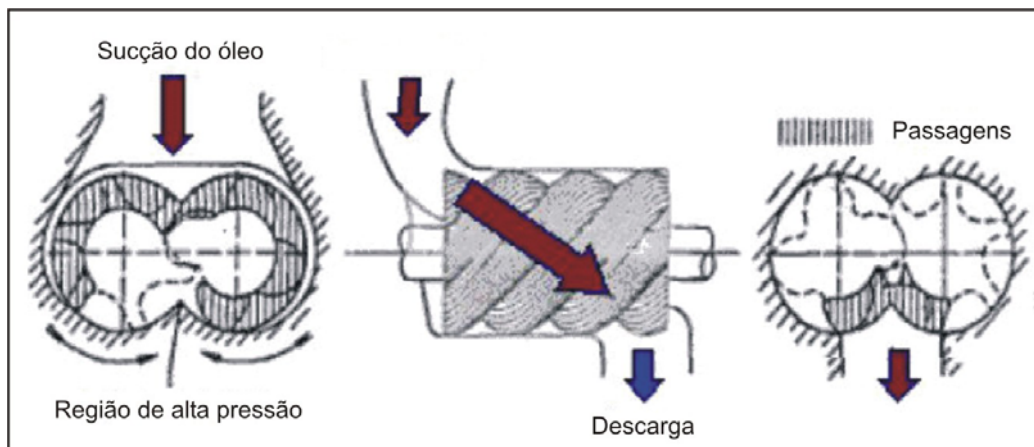


Fig. 1 – Bomba tipo parafuso.

A capacidade de vazão de uma bomba hidráulica é escolhida de acordo com o tamanho do circuito que ela deverá alimentar. A pressão deve ser uniforme ao longo de toda a linha.

O óleo que sai da bomba passa por um sistema que regula sua pressão de acordo com as necessidades da linha de distribuição e elementos de controle.

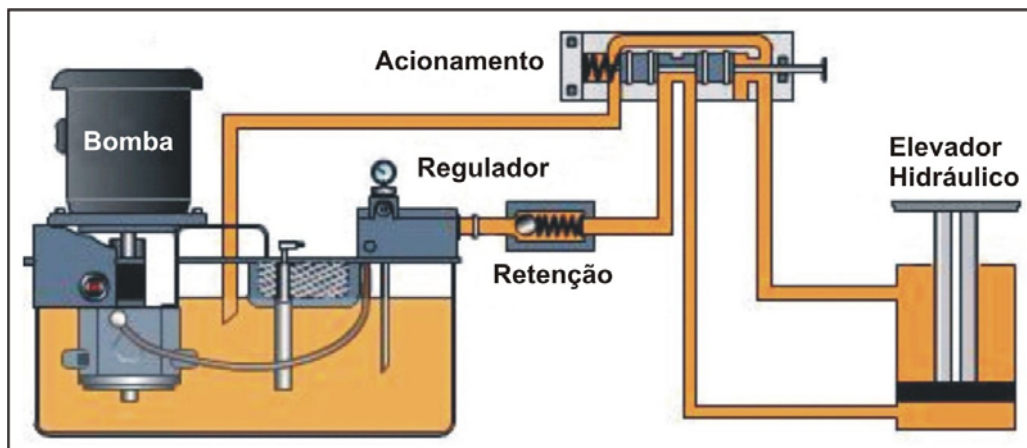


Fig. 2 – Geração e regulação de óleo pressurizado.

## B. Elementos de controle

O óleo pressurizado, filtrado e regulado pode ser usado para gerar os mais diversos tipos de trabalho. Sequências de movimentos complexas podem ser obtidas por meio da combinação adequada de válvulas de comando que determinam de que maneira o óleo vai fluir para dentro e para fora dos elementos atuadores.

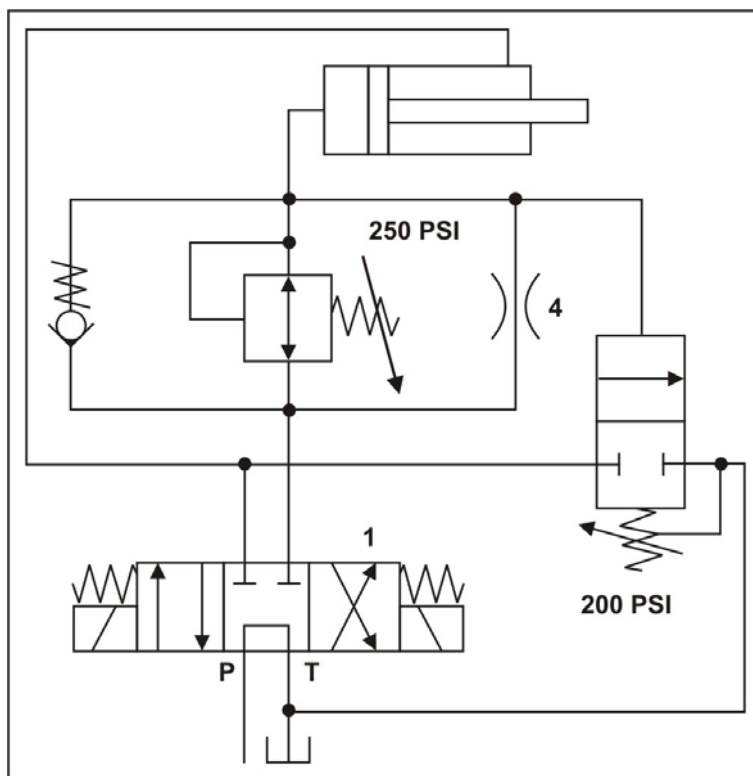


Fig. 3 – Elementos de controle em um circuito hidráulico.

Os elementos de controle podem ser os mais variados e podem ser usados para:

- controlar a vazão do fluido;
- ajustar pressão de trabalho;
- controlar a direção de fluxo;

- determinar seqüências de operação;
- restringir a passagem do óleo a somente uma direção.

Podem-se agrupar nessa categoria as válvulas direcionais, as válvulas reguladoras de fluxo, as válvulas de bloqueio e os acionamentos.

Os dois circuitos a seguir ilustram o uso das válvulas e elementos de controle:

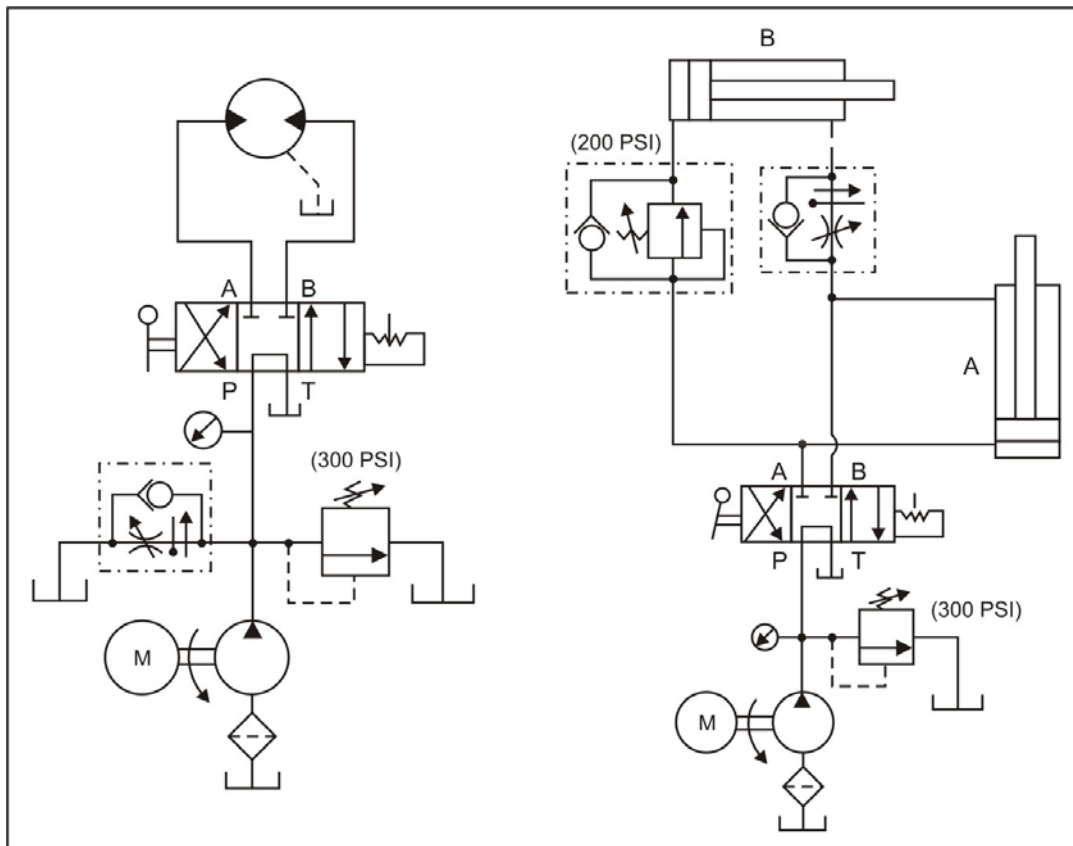


Fig. 4 – Elementos de controle em um circuito hidráulico.





# Nona Aula



Assim como ocorre em pneumática, em hidráulica o óleo pressurizado e filtrado é transportado pelas tubulações e chega até os elementos atuadores finais que convertem a energia acumulada em movimentos de deslocamento, prensagem ou rotação.

Tais elementos atuadores podem ser de simples ou dupla ação, lineares ou rotativos (motores) dependendo de como o fluido hidráulico circula pelo seu interior.

Nesta aula será apresentada a estrutura básica de cilindros hidráulicos de simples e de dupla ação, bem como suas respectivas formas de representação em circuitos esquemáticos.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

## Cilindros de ação simples e de dupla ação

Uma das principais diferenças entre aplicações pneumáticas e hidráulicas reside na relação entre força e velocidade. Com ar comprimido se consegue grande velocidade, mas têm-se limitações em termos de força. Em hidráulica ocorre o oposto, consegue-se grande força de atuação, no entanto perde-se em velocidade.

A velocidade da haste de um cilindro hidráulico é determinada pela velocidade com que um dado volume de óleo pode ser introduzido no interior do cilindro para empurrar o pistão.

**Educador**, os conceitos relacionados com cálculo de dimensionamento de circuitos hidráulicos usam as mesmas fórmulas básicas que a pneumática. Tais assuntos foram discutidos na segunda aula deste capítulo, portanto recomenda-se uma breve revisão dos exercícios feitos ao final daquela aula.

A expressão que descreve a velocidade da haste do cilindro é:

$$Vel_{haste} = \frac{Vazão (l / min) \times 1000}{Área_{pistão} (cm^2)}$$

Por outro lado, a força exercida por um cilindro hidráulico também depende da área de seu pistão, e pode ser dada pela fórmula:

$$Força_{haste} = Pressão \times Área_{pistão}$$

A tabela a seguir mapeia a relação entre Força de Avanço Teórico e Volume do Fluido Deslocado, para diversos diâmetros de cilindro.

Ø Pistão	Área Pistão	Força de Avanço												Volume de fluido deslocado	
		10 bar		50 bar		90 bar		130 bar		170 bar		210 bar		p/ 10 mm de curso	
mm	cm <sup>2</sup>	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	ml	gal. imp.
32	8,04	80	176	402	885	724	1595	1045	2302	1367	3011	1688	3718	8,04	.0018
40	12,57	126	277	638	1383	1131	2491	1634	3599	2137	4807	2640	5815	12,57	.0028
50	19,64	196	432	982	2163	1768	3894	2553	5623	3339	7355	4124	9064	19,64	.0043
63	31,18	312	687	1559	3434	2806	6181	4053	8927	5301	11676	6548	14423	31,18	.0069
80	50,27	503	1108	2513	5535	4524	9965	6535	14394	8546	18824	10557	23253	50,27	.0111
100	78,55	785	1729	3927	8650	7069	15570	10211	22491	13353	29412	16495	36332	78,55	.0173
125	122,72	1221	2689	6136	13516	11045	24328	15954	35141	20662	45951	25771	46761	122,7	.0270
160	201,06	2010	4427	10053	22143	18095	39857	26138	57573	34180	75286	42223	93002	201,1	.0442
200	314,16	3142	6921	15708	34599	28274	62277	40841	89958	53407	117636	65974	145317	314,2	.0691

Tabela 2 – Força de Avanço Teórico X Volume do Fluido Deslocado (Parker Hannifin Corporation).

Cilindros ou atuadores de ação simples recebem óleo somente numa direção. O movimento de recuo do êmbolo, e conseqüentemente da haste, é realizado por meio de mola ou força externa.

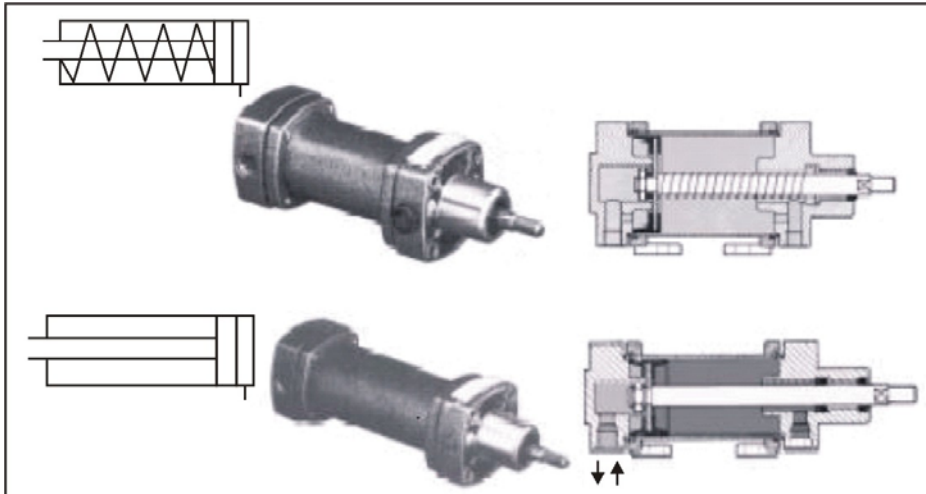


Fig. 20 – Cilindros de ação simples com retorno por mola e retorno por força externa.

Cilindros ou atuadores de dupla ação são aqueles que recebem ar em ambas as direções. Os movimentos de avanço e de recuo do êmbolo são provocados pela pressão do ar injetado ora num ora noutro sentido. Com esse tipo de atuador conseguem-se movimentos controlados nas duas direções.

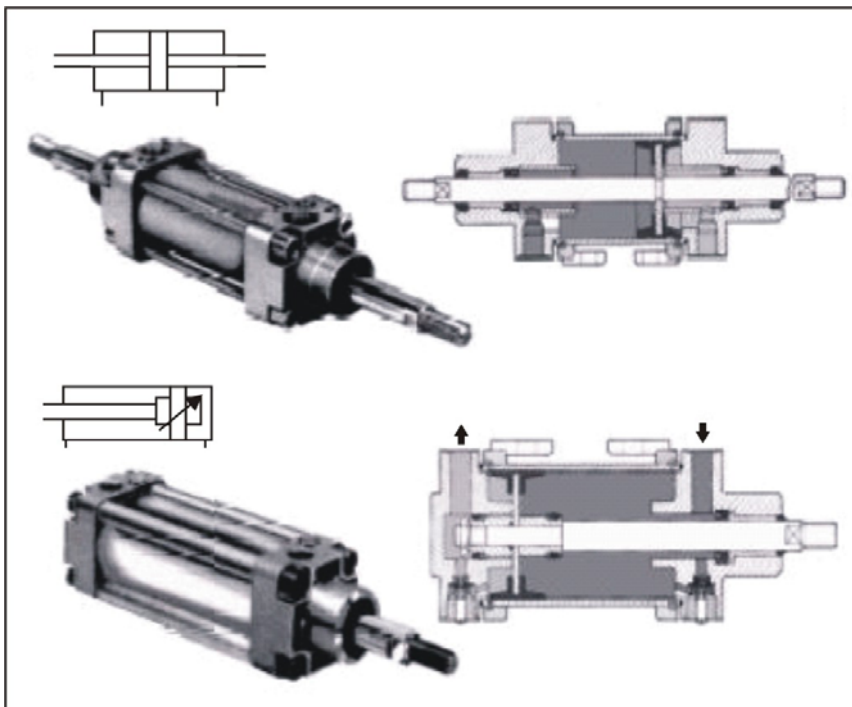


Fig. 21 – Cilindros de ação dupla com dupla haste/Cilindros de ação dupla com amortecedor.

A tabela a seguir traz um resumo de diversas válvulas de controle usadas na confecção de circuitos hidráulicos:

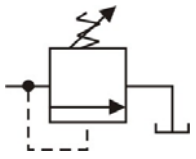
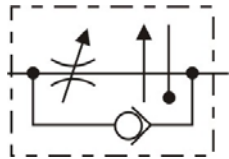
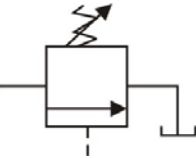

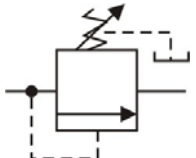

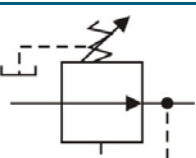
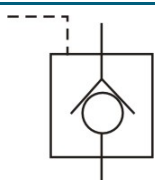
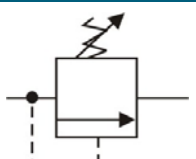
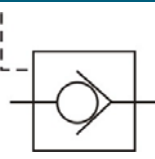
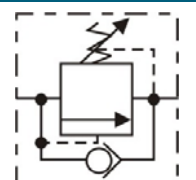
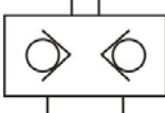
	Válvula de segurança		Válvula controladora de fluxo com compensação de pressão e temperatura com retenção integral
	Válvula de descarga com dreno interno controlada remotamente		Válvula de retenção sem mola
	Válvula de seqüência atuada diretamente e drenada externamente		Válvula de retenção com mola
	Válvula redutora de pressão		Válvula de retenção pilotada para abrir
	Válvula de contrabalanço		Válvula de retenção pilotada para fechar
	Válvula de contrabalanço com retenção integral		Válvula de retenção dupla ou geminada

Tabela 3 – Simbologia de válvulas de controle.



Providencie diagramas de circuitos pneumáticos usados no ambiente da fábrica e peça aos jovens para identificarem os diversos tipos de atuadores.



## Cilindros de ação simples e de dupla ação

Uma das principais diferenças entre aplicações pneumáticas e hidráulicas reside na relação entre força e velocidade. Com ar comprimido se consegue grande velocidade, mas têm-se limitações em termos de força. Em hidráulica ocorre o oposto, consegue-se grande força de atuação, no entanto perde-se em velocidade.

A velocidade da haste de um cilindro hidráulico é determinada pela velocidade com que um dado volume de óleo pode ser introduzido no interior do cilindro para empurrar o pistão.

A expressão que descreve a velocidade da haste do cilindro é:

$$Vel_{haste} = \frac{Vazão (l / min) \times 1000}{Área_{pistão} (cm^2)}$$

Por outro lado, a força exercida por um cilindro hidráulico também depende da área de seu pistão, e pode ser dada pela fórmula:

$$Força_{haste} = Pressão \times Área_{pistão}$$

A tabela a seguir mapeia a relação entre Força de Avanço Teórico e Volume do Fluido Deslocado, para diversos diâmetros de cilindro.

Ø Pistão	Área Pistão	Força de Avanço												Volume de fluido deslocado	
		10 bar		50 bar		90 bar		130 bar		170 bar		210 bar		p/ 10 mm de curso	
mm	cm <sup>2</sup>	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	ml	gal. imp.
32	8,04	80	176	402	885	724	1595	1045	2302	1367	3011	1688	3718	8,04	.0018
40	12,57	126	277	638	1383	1131	2491	1634	3599	2137	4807	2640	5815	12,57	.0028
50	19,64	196	432	982	2163	1768	3894	2553	5623	3339	7355	4124	9064	19,64	.0043
63	31,18	312	687	1559	3434	2806	6181	4053	8927	5301	11676	6548	14423	31,18	.0069
80	50,27	503	1108	2513	5535	4524	9965	6535	14394	8546	18824	10557	23253	50,27	.0111
100	78,55	785	1729	3927	8650	7069	15570	10211	22491	13353	29412	16495	36332	78,55	.0173
125	122,72	1221	2689	6136	13516	11045	24328	15954	35141	20662	45951	25771	46761	122,7	.0270
160	201,06	2010	4427	10053	22143	18095	39857	26138	57573	34180	75286	42223	93002	201,1	.0442
200	314,16	3142	6921	15708	34599	28274	62277	40841	89958	53407	117636	65974	145317	314,2	.0691

Tabela 1 – Força de Avanço Teórico X Volume do Fluido Deslocado (Parker Hannifin Corporation).

Cilindros ou atuadores de ação simples recebem óleo somente numa direção. O movimento de recuo do êmbolo, e consequentemente da haste, é realizado por meio de mola ou força externa.

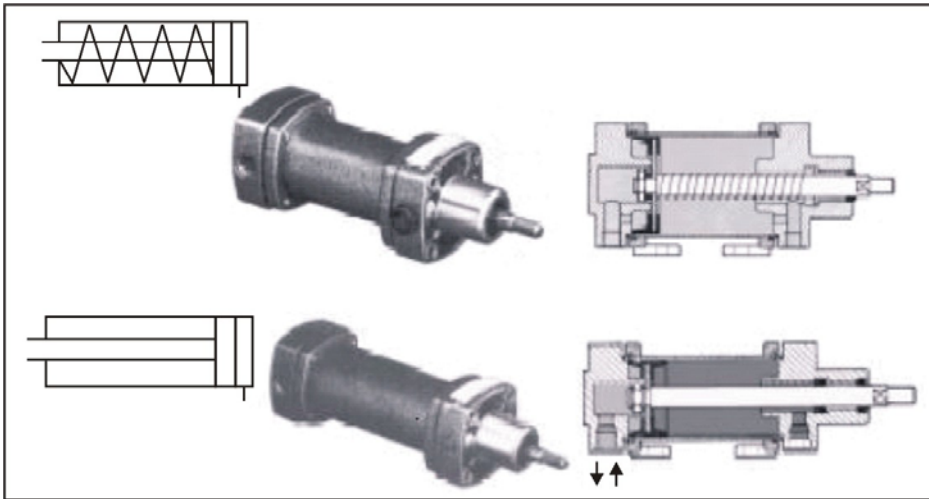


Fig. 1 – Cilindros de ação simples com retorno por mola e retorno por força externa.

Cilindros ou atuadores de dupla ação são aqueles que recebem ar em ambas as direções. Os movimentos de avanço e de recuo do êmbolo são provocados pela pressão do ar injetado ora num ora noutro sentido. Com esse tipo de atuador conseguem-se movimentos controlados nas duas direções.

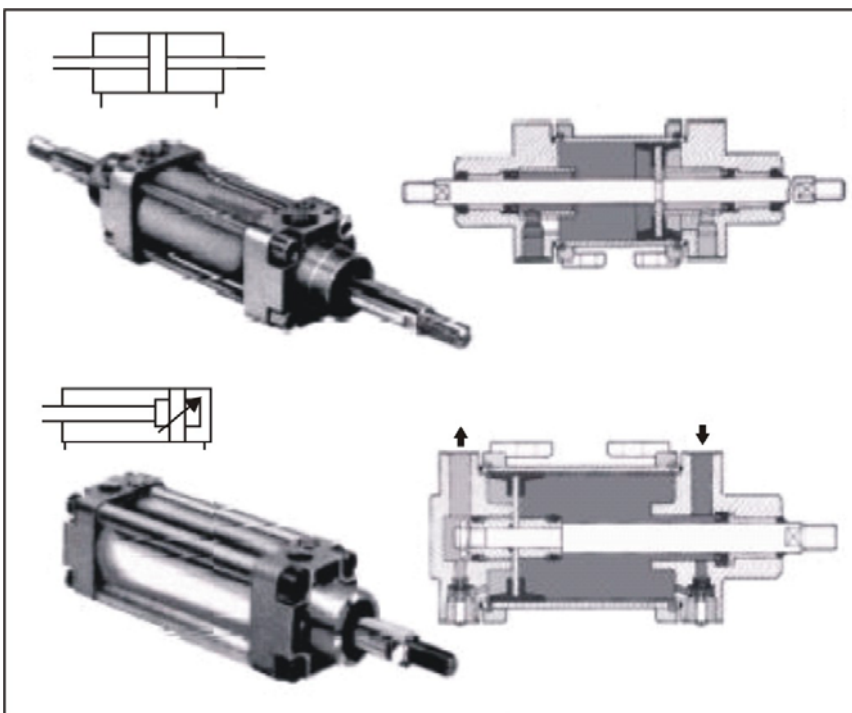


Fig. 2 – Cilindros de ação dupla com dupla haste/Cilindros de ação dupla com amortecedor.

A tabela a seguir traz um resumo de diversas válvulas de controle usadas na confecção de circuitos hidráulicos:

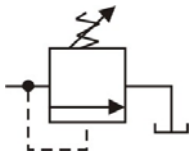
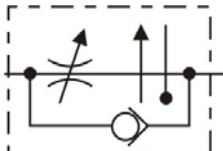
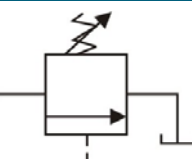

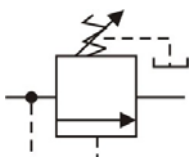

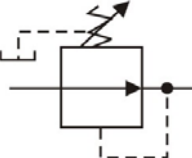
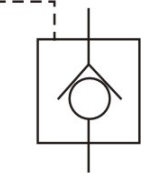
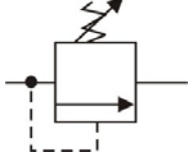
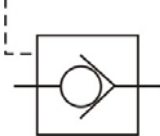
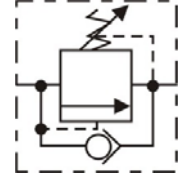
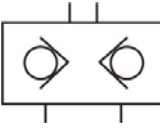
	Válvula de segurança		Válvula controladora de fluxo com compensação de pressão e temperatura com retenção integral
	Válvula de descarga com dreno interno controlada remotamente		Válvula de retenção sem mola
	Válvula de seqüência atuada diretamente e drenada externamente		Válvula de retenção com mola
	Válvula redutora de pressão		Válvula de retenção pilotada para abrir
	Válvula de contrabalanço		Válvula de retenção pilotada para fechar
	Válvula de contrabalanço com retenção integral		Válvula de retenção dupla ou geminada

Tabela 2 – Simbologia de válvulas de controle.





## Décima Aula



O controle do posicionamento e da velocidade de atuadores hidráulicos é obtido por meio da realimentação de sinais fornecidos por sensores instalados estrategicamente na planta do processo.

Os sensores são muito similares aos usados em pneumática diferindo basicamente pela capacidade mecânica.

Nessa aula, serão apresentados os principais tipos de sensores usados para monitorar o posicionamento e o fim de curso de atuadores hidráulicos de modo a compor sistemas servocontrolados tanto mecânica quanto em sistemas eletro-hidráulicos.



Passo 1 / Aula teórica



50 min



**Educador**, o texto a seguir pode ser reproduzido e distribuído aos jovens para facilitar o acompanhamento das explicações.

### Sensores analógicos e digitais

Assim como em circuitos pneumáticos, quando se projeta um circuito hidráulico para executar uma determinada ação ou conjunto de ações, o encadeamento da sequência de movimentos é sincronizado por meio de sensores estrategicamente posicionados em pontos-chave do circuito.

Por exemplo, tomando como base a furadeira a seguir:

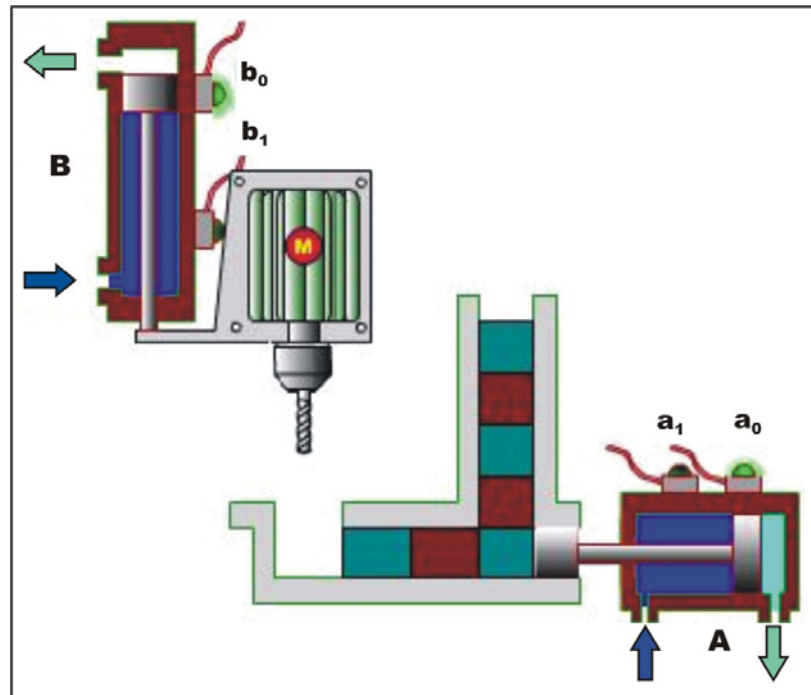


Fig. 22 – Furadeira elétrica com acionamento hidráulico.

O acionamento da furadeira, do cilindro alimentador e da morsa hidráulica que vai reter a peça enquanto ela é furada deve ser feito de forma sequenciada e sincronizada com os movimentos de avanço e retrocesso dos pistões. Para se conseguir isso são posicionados sensores de fim de curso nos extremos do movimento dos cilindros. Tais sensores detectam o momento em que o êmbolo atinge o limite de curso e enviam um sinal elétrico a um CLP, por exemplo, para que ele possa prosseguir com a sequência de movimentos.



**Educador**, como os sensores usados para hidráulica e pneumática são basicamente os mesmos, esta parte da aula pode ser abordada como uma revisão.

Sensores usados em hidráulica servem basicamente para detectar o fim de um movimento ou variações na pressão da linha e os tipos mais comuns são:

- óticos
- indutivos
- capacitivos
- eletromagnéticos
- eletromecânicos
- potenciométricos

Os sensores óticos produzem um pulso elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal

luminoso é refletido por um anteparo reflexivo. Geralmente são usados para contagem e detecção do posicionamento de objetos ou como sensores de fim de curso. São constituídos de um *led* diodo (emissor de luz) e um fototransistor (que funciona como interruptor acionado por luz), que podem estar no mesmo corpo ou em módulos separados. Quando ocorre a detecção de um objeto a luz emitida pelo *led* é refletida para o fototransistor que entra em estado de condução elétrica e emite um sinal de corrente ou tensão para um circuito amplificador.

A principal vantagem dos sensores óticos é que não dependem do tipo do material para funcionar, porém se houver sujeira no ambiente ou obstáculos não previstos, a leitura poderá ser comprometida.

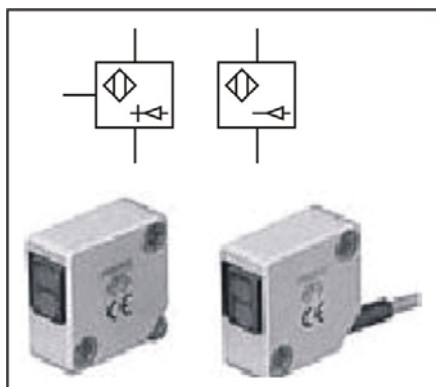


Fig. 23 – Sensor ótico por barreira de luz e simbologia.

Os sensores indutivos são capazes de detectar a presença de materiais metálicos e podem ser usados para fazer seleção de peças em função do tipo de material ou como sensores de fim de curso. Quando comparados aos sensores óticos, percebe-se uma redução drástica em termos de alcance, pois os objetos devem estar muito próximos para sensibilizar o campo magnético gerado pelo sensor.

São constituídos de um circuito oscilador (gera o sinal que produzirá o campo magnético), um circuito amplificador (reforça o sinal produzido pelo campo magnético quando há presença de um objeto) e um circuito de disparo (produz um pulso toda vez que um objeto metálico se aproxima do sensor). O circuito oscilador gera um campo magnético através de uma bobina, e a aproximação de um corpo metálico altera as características desse campo fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF ou vice-versa).

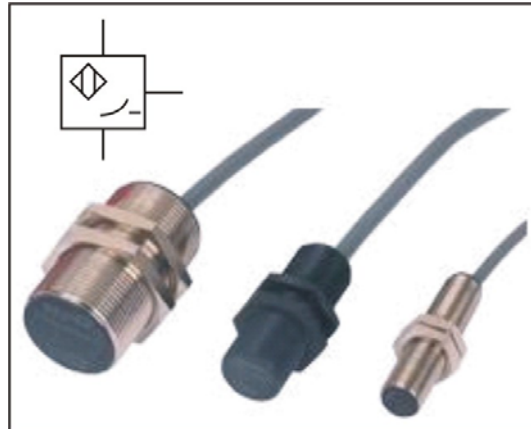


Fig. 24 – Sensor indutivo e simbologia.

Já os sensores capacitivos têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos, sólidos ou até líquidos, mas possuem um alcance de atuação ainda menor que os dos indutivos, portanto precisam ficar bem mais próximos do objeto que vão detectar.

Têm o princípio de funcionamento baseado na variação de espessura ou área de um dielétrico (normalmente o ar entre o objeto e o sensor). Ao se aproximar um objeto, o campo eletrostático do sensor é afetado e um circuito amplificador detecta essa variação produzindo um sinal ou pulso de saída. Fisicamente são bastante parecidos com os sensores indutivos.

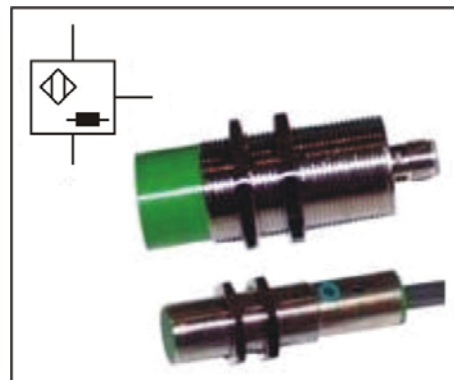


Fig. 25 – Sensor capacitivo e simbologia.

Em algumas aplicações, e dependendo do ambiente onde o circuito hidráulico está montado, podem-se usar também interruptores magnéticos conhecidos como *reed switches*. Alguns cilindros já saem de fábrica com esse tipo de sensor acoplado ao seu corpo.

Também conhecidos como chaves magnéticas, eles fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético, que pode ser criado tanto por um ímã permanente quanto por um eletroímã.

Internamente são formados por um par de contatos encerrados dentro de uma ampola de vidro ou plástico e separados por uma resina ou gás inerte.

A aproximação de um ímã faz com que esses contatos se unam permitindo a passagem de corrente elétrica por eles. No exemplo da furadeira acima, os sensores de fim de curso poderiam ser sensibilizados por um campo magnético gerado por um êmbolo imantado.

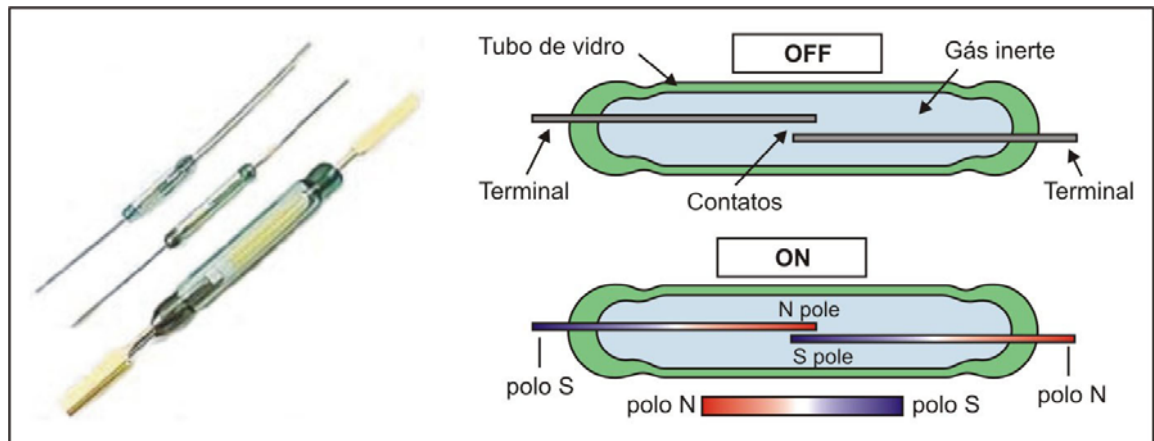


Fig. 26 – Reed Switch ou chave magnética.

Em circuitos eletro-hidráulicos também se podem usar sensores eletromecânicos operando como chaves interruptoras. Tais sensores podem ser acionados por cames, gatilhos ou roletes e são os tipos de sensores mais simples e baratos para se fazer monitoramento de fim de curso. Devido à sua construção, esses sensores são mais robustos e, portanto, indicados para ambientes mais hostis.

Podem ser posicionados tanto nos fins de curso quanto em pontos intermediários, porém, neste último caso, o elemento sendo sensoriado deverá possuir algum tipo de ranhura ou ressalto para acionar o sensor.



Fig. 27 – Fins de curso acionados por rolete e por gatilho.

Há aplicações em que se precisa de um sensoriamento não apenas do fim de curso, mas de todo o deslocamento da haste, de modo a se determinar exatamente a posição do êmbolo. Nesses casos são empregados os sensores potenciométricos (também conhecidos como régua potenciométrica) que têm a propriedade de produzir um sinal elétrico variável, proporcional ao posicionamento de um cursor.

Internamente o sensor é constituído de uma pista de grafite condutora que é conectada ao circuito elétrico externo. Um cursor percorre essa pista variando a resistência elétrica resultante entre os terminais do sensor. Se houver uma fonte de energia conectada a ele, uma tensão elétrica proporcional à resistência será gerada na saída.

Esse tipo de sensor pode ser acoplado ao eixo de um cilindro para medir com precisão a posição real do êmbolo e com isso gerar movimentos mais controlados. Há também versões rotativas desse tipo de sensor que podem ser usadas para determinar o posicionamento do eixo de um motor hidráulico.

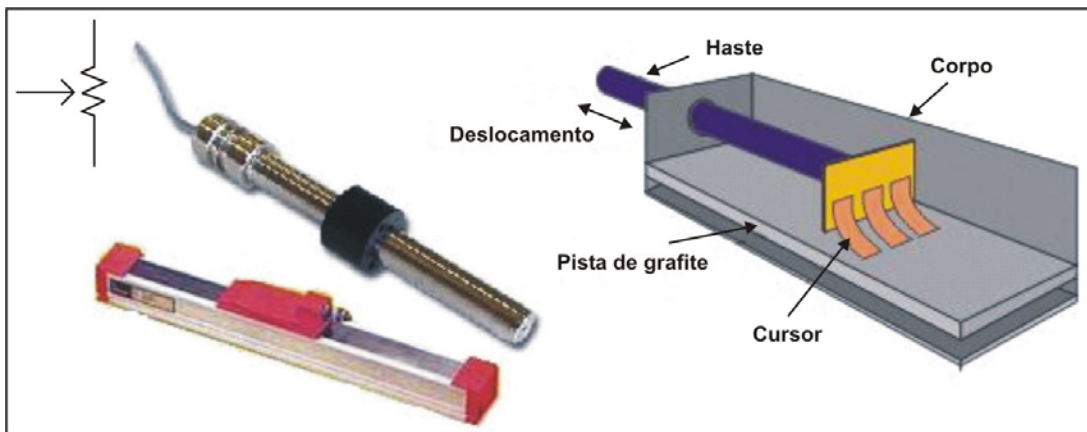


Fig. 28 – Sensores potenciométricos e simbologia.

Por fim, há situações em que se quer controlar algum evento num circuito hidráulico por meio do monitoramento de sua pressão. Para isso são usados os pressostatos.

Um pressostato nada mais é que um interruptor eletromecânico em que os contatos são acionados pela pressão do óleo. Uma mola e um botão ou parafuso de ajuste permitem regular a que pressão os contatos serão acionados.

Quando a pressão na linha atinge o valor pré-ajustado, os contatos NA (normalmente abertos) se fecham e os NF (normalmente fechados) se abrem. Com isso pode-se acionar circuitos secundários ou interromper circuitos já ativos.

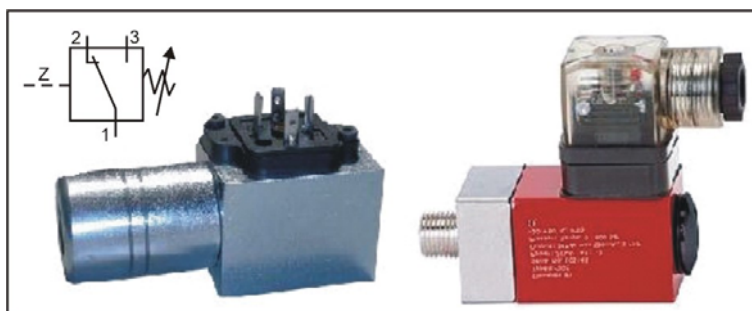


Fig. 29 – Pressostato com ajuste por botão e por parafuso com simbologia.

**Educador**, na próxima aula os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial, para observarem na prática o uso dos dispositivos abordados nessa aula. Não se esqueça de agendar a visita com antecedência para ter garantias de deslocamento pelo espaço e da disponibilidade do colaborador. Entre em contato com os responsáveis pelo setor que será visitado e agende com eles essa visita para não causar problemas no setor.







## Sensores analógicos e digitais

Assim como em circuitos pneumáticos, quando se projeta um circuito hidráulico para executar uma determinada ação ou conjunto de ações, o encadeamento da sequência de movimentos é sincronizado por meio de sensores estrategicamente posicionados em pontos-chave do circuito.

Por exemplo, tomando como base a furadeira a seguir:

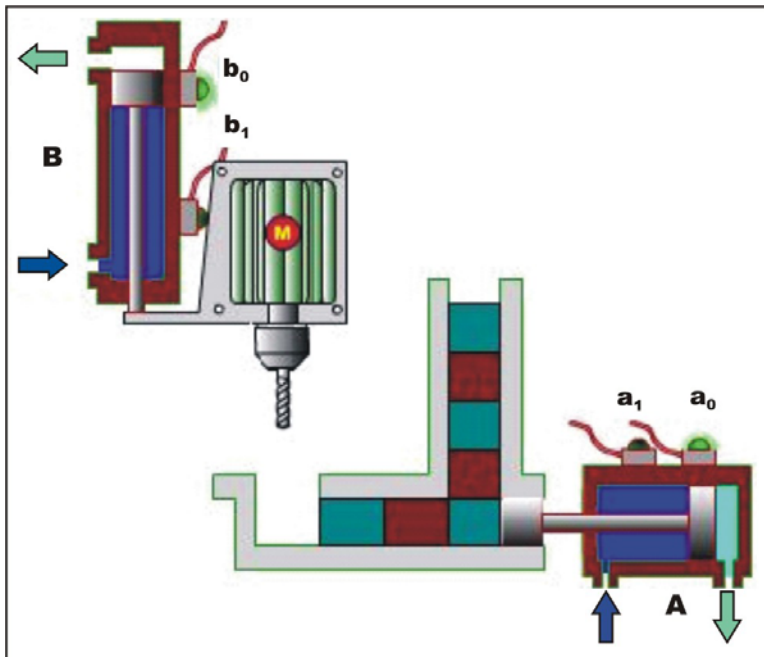


Fig. 1 – Furadeira elétrica com acionamento hidráulico.

O acionamento da furadeira, do cilindro alimentador e da morsa hidráulica que vai reter a peça enquanto ela é furada deve ser feito de forma sequenciada e sincronizada com os movimentos de avanço e retrocesso dos pistões. Para se conseguir isso são posicionados sensores de fim de curso nos extremos do movimento dos cilindros. Tais sensores detectam o momento em que o êmbolo atinge o limite de curso e enviam um sinal elétrico a um CLP, por exemplo, para que ele possa prosseguir com a sequência de movimentos.

Sensores usados em hidráulica servem basicamente para detectar o fim de um movimento ou variações na pressão da linha e os tipos mais comuns são:

- óticos
- indutivos
- capacitivos
- eletromagnéticos
- eletromecânicos
- potenciométricos

Os sensores óticos produzem um pulso elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal luminoso é refletido por um anteparo reflexivo. Geralmente são usados para contagem e detecção do posicionamento de objetos ou como sensores de fim de curso. São constituídos de um *led* diodo (emissor de luz) e um fototransistor (que funciona como interruptor acionado por luz), que podem estar no

mesmo corpo ou em módulos separados. Quando ocorre a detecção de um objeto a luz emitida pelo *led* é refletida para o fototransistor que entra em estado de condução elétrica e emite um sinal de corrente ou tensão para um circuito amplificador.

A principal vantagem dos sensores óticos é que não dependem do tipo do material para funcionar, porém se houver sujeira no ambiente ou obstáculos não previstos, a leitura poderá ser comprometida.

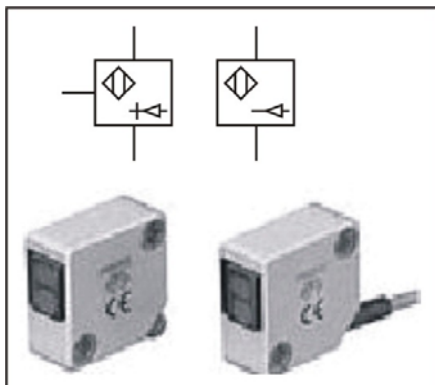


Fig. 2 – Sensor ótico por barreira de luz e simbologia.

Os sensores indutivos são capazes de detectar a presença de materiais metálicos e podem ser usados para fazer seleção de peças em função do tipo de material ou como sensores de fim de curso. Quando comparados aos sensores óticos, percebe-se uma redução drástica em termos de alcance, pois os objetos devem estar muito próximos para sensibilizar o campo magnético gerado pelo sensor.

São constituídos de um circuito oscilador (gera o sinal que produzirá o campo magnético), um circuito amplificador (reforça o sinal produzido pelo campo magnético quando há presença de um objeto) e um circuito de disparo (produz um pulso toda vez que um objeto metálico se aproxima do sensor). O circuito oscilador gera um campo magnético através de uma bobina, e a aproximação de um corpo metálico altera as características desse campo fazendo com que o circuito de disparo mude de estado (de NA para NF ou vice-versa).

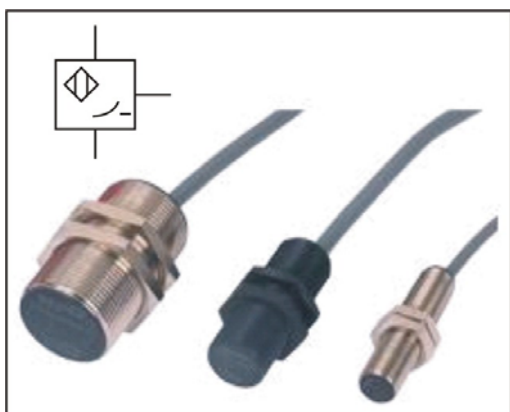


Fig. 3 – Sensor indutivo e simbologia.

Já os sensores capacitivos têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos, sólidos ou até líquidos, mas possuem um alcance de atuação ainda menor que os dos indutivos, portanto precisam ficar bem mais próximos do objeto que vão detectar.

Têm o princípio de funcionamento baseado na variação de espessura ou área de um dielétrico (normalmente o ar entre o objeto e o sensor). Ao se aproximar um objeto, o campo eletrostático do sensor é afetado e um circuito amplificador detecta essa

variação produzindo um sinal ou pulso de saída. Fisicamente são bastante parecidos com os sensores indutivos.

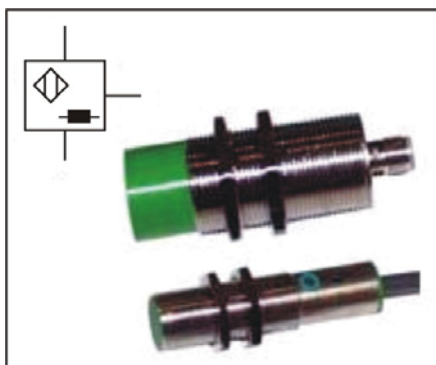


Fig. 4 – Sensor capacitivo e simbologia.

Em algumas aplicações, e dependendo do ambiente onde o circuito hidráulico está montado, podem-se usar também interruptores magnéticos conhecidos como *reed switches*. Alguns cilindros já saem de fábrica com esse tipo de sensor acoplado ao seu corpo.

Também conhecidos como chaves magnéticas, eles fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético, que pode ser criado tanto por um ímã permanente quanto por um eletroímã.

Internamente são formados por um par de contatos encerrados dentro de uma ampola de vidro ou plástico e separados por uma resina ou gás inerte.

A aproximação de um ímã faz com que esses contatos se unam permitindo a passagem de corrente elétrica por eles. No exemplo da furadeira acima, os sensores de fim de curso poderiam ser sensibilizados por um campo magnético gerado por um êmbolo imantado.

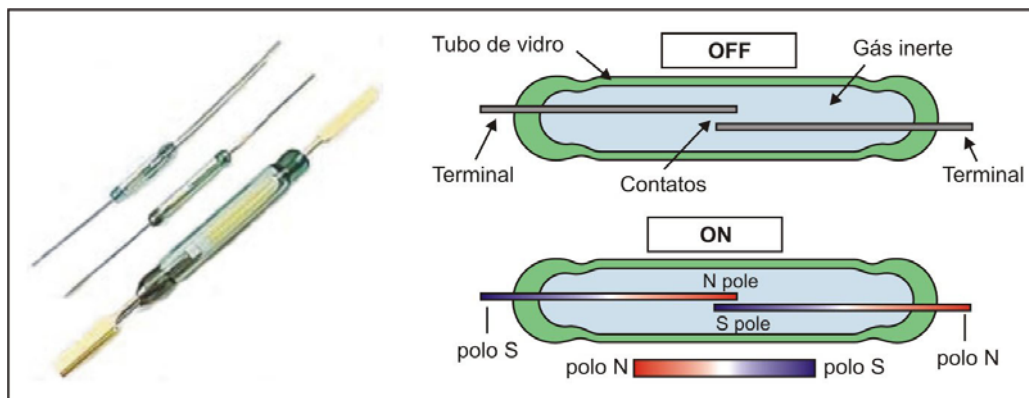


Fig. 5 – Reed Switch ou chave magnética.

Em circuitos eletro-hidráulicos também se podem usar sensores eletromecânicos operando como chaves interruptoras. Tais sensores podem ser acionados por cames, gatilhos ou roletes e são os tipos de sensores mais simples e baratos para se fazer monitoramento de fim de curso. Devido à sua construção, esses sensores são mais robustos e, portanto, indicados para ambientes mais hostis.

Podem ser posicionados tanto nos fins de curso quanto em pontos intermediários, porém, neste último caso, o elemento sendo sensoriado deverá possuir algum tipo de ranhura ou ressalto para acionar o sensor.



Fig. 6 – Fins de curso acionados por rolete e por gatilho.

Há aplicações em que se precisa de um sensoriamento não apenas do fim de curso, mas de todo o deslocamento da haste, de modo a se determinar exatamente a posição do êmbolo. Nesses casos são empregados os sensores potenciométricos (também conhecidos como régua potenciométrica) que têm a propriedade de produzir um sinal elétrico variável, proporcional ao posicionamento de um cursor.

Internamente o sensor é constituído de uma pista de grafite condutora que é conectada ao circuito elétrico externo. Um cursor percorre essa pista variando a resistência elétrica resultante entre os terminais do sensor. Se houver uma fonte de energia conectada a ele, uma tensão elétrica proporcional à resistência será gerada na saída.

Esse tipo de sensor pode ser acoplado ao eixo de um cilindro para medir com precisão a posição real do êmbolo e com isso gerar movimentos mais controlados. Há também versões rotativas desse tipo de sensor que podem ser usadas para determinar o posicionamento do eixo de um motor hidráulico.

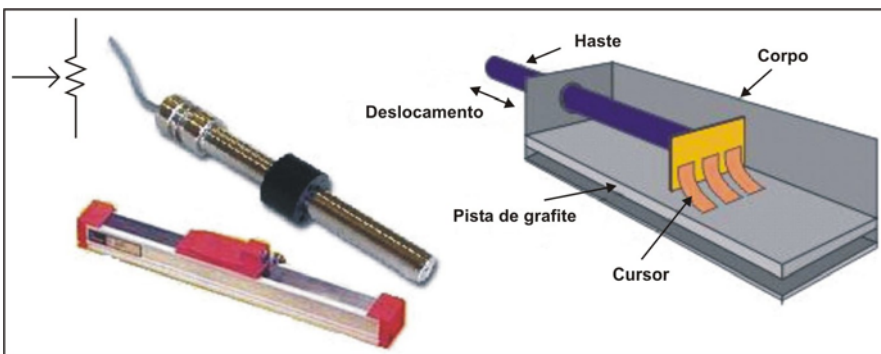


Fig. 7 – Sensores potenciométricos e simbologia.

Por fim, há situações em que se quer controlar algum evento num circuito hidráulico por meio do monitoramento de sua pressão. Para isso são usados os pressostatos.

Um pressostato nada mais é que um interruptor eletromecânico em que os contatos são acionados pela pressão do óleo. Uma mola e um botão ou parafuso de ajuste permitem regular a que pressão os contatos serão acionados.

Quando a pressão na linha atinge o valor pré-ajustado, os contatos NA (normalmente abertos) se fecham e os NF (normalmente fechados) se abrem. Com isso pode-se acionar circuitos secundários ou interromper circuitos já ativos.

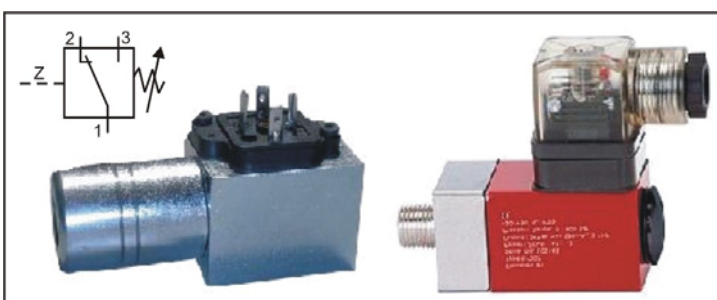


Fig. 8 – Pressostato com ajuste por botão e por parafuso com simbologia.

## Décima Primeira Aula



Após estudar os conceitos básicos relacionados aos sistemas hidráulicos e eletro-hidráulicos é importante que os alunos tenham contato com aplicações reais no ambiente de trabalho para complementar a compreensão dos conhecimentos adquiridos.

Essa aula destina-se a uma visita técnica ao ambiente da fábrica para a pesquisa de aplicações dos elementos estudados em sala de aula e a realização de relatório contendo circuito esquemático e explicação do funcionamento.



### Passo 1 / Orientação



10 min

Os jovens realizarão uma visita ao ambiente industrial com o objetivo de pesquisar duas aplicações hidráulicas ou eletro-hidráulicas. Uma vez identificadas tais aplicações, deverão fazer a representação simbólica (componentes) e a descrição do funcionamento dos circuitos. Para preparar esta atividade, oriente-os sobre os procedimentos de segurança para circularem pela empresa sem correrem risco de acidentes.

Dependendo do ambiente visitado, poderá ser necessário o uso de sapatos adequados (sola de borracha) e de óculos de proteção. Siga as normas de segurança da empresa e avise os jovens na aula anterior sobre a visita para que eles vistam-se adequadamente.

É importante que os jovens identifiquem os três componentes principais do circuito hidráulico:

- Bomba de óleo
- Válvulas e sensores
- Atuadores

Oriente os jovens a pesquisarem sobre os temas para comporem um relatório que deverá conter:

- breve introdução
- desenvolvimento das atividades
- conclusão sobre o aprendizado realizado

No desenvolvimento das atividades, o relatório deverá explicar:

- equipamentos observados
- funções, tipos e funcionamento
- procedimentos de segurança observados



## Passo 2 / Visita técnica e pesquisa



40 min

Durante a visita um profissional da área de automação apresentará alguns dispositivos automatizados com elementos hidráulicos, fazendo um breve resumo de seu funcionamento.

É importante que os jovens fiquem atentos aos detalhes apresentados para elaborarem uma boa pesquisa.

Acompanhe a turma e faça perguntas ao colaborador, caso o grupo não esteja à vontade ou não tenha percebido algum aspecto importante.



Solicite aos jovens que anotem informações relevantes sobre os dispositivos apresentados para elaborarem um esquema correto e conseqüentemente fazerem uma boa apresentação.



## Décima Segunda Aula

Nessa aula será realizada a avaliação teórica referente ao capítulo 4.

**Educador**, providencie cópias da prova para todos os jovens. Não se esqueça de marcar a data da avaliação com antecedência.

PROJETO ESCOLA FORMARE

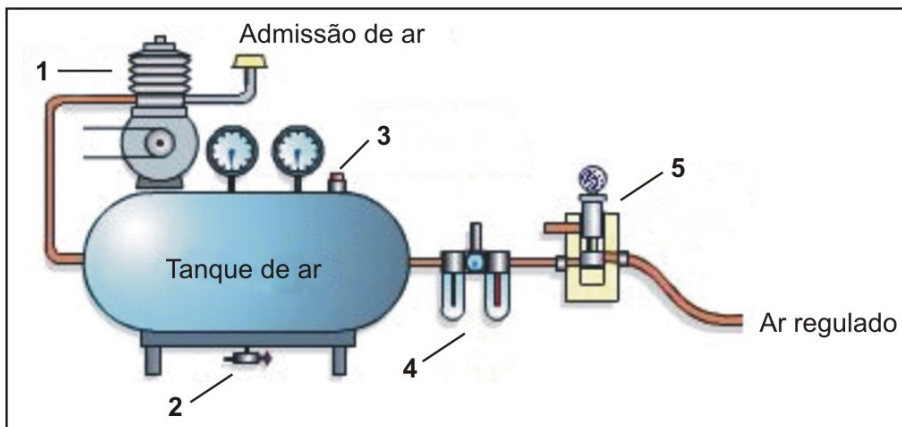
CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Manutenção Eletromecânica

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

Avaliação Teórica 4

1 Dada a figura abaixo, identifique os itens assinalados e descreva suas funções.



.....

.....

.....

.....

.....

2 Cite três aplicações dos elementos de controle usados em circuitos pneumáticos:

.....

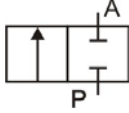
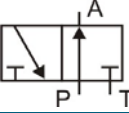
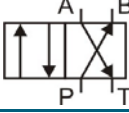
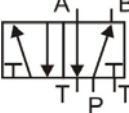
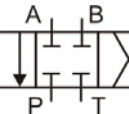
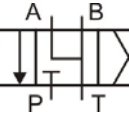
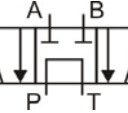
.....

.....

.....

.....

3 Dada a tabela a seguir, complete os campos vazios com a informação indicada:

Símbolo	Designação	Interpretação
		
		
		
		
		
		
		

4 Um cilindro com área de 25 cm<sup>2</sup> recebe ar a uma pressão de 5 bar. Calcule:

a) A força exercida pela haste do cilindro (em kgf).

.....

.....

.....

b) A velocidade de avanço do cilindro (em **cm/seg**) sabendo que a vazão é de 6 **ℓ/min**.

.....

.....

.....



5 Qual a diferença entre um cilindro de ação simples e um cilindro de dupla ação? Desenhe as simbologias correspondentes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

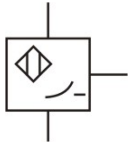
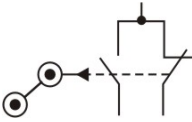
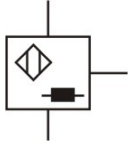

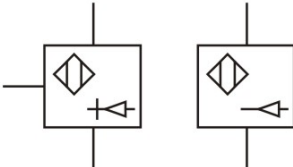
.....

.....

.....

.....

6 Dadas as características e simbologias abaixo, identifique o sensor correspondente:

Características	Simbologia	Tipo de sensor
São constituídos de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador, e são capazes de detectar a presença de materiais metálicos.		
Chave interruptora eletromecânica acionada em apenas uma direção, usada como sensor de fim de curso.		
Têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos (sólidos ou líquidos) pela variação de um dielétrico.		
Fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético externo.		
Emitem um sinal elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal luminoso é refletido por um objeto.		



8 Como é gerada a pressão num circuito hidráulico?

.....

.....

.....

.....

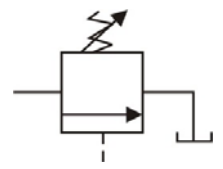

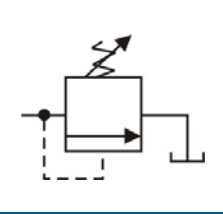

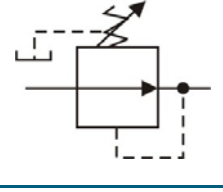
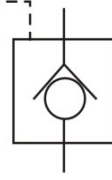
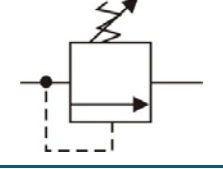
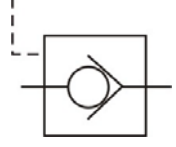
.....

.....

.....

.....

9 Complete a tabela abaixo com a nomenclatura dos símbolos apresentados:

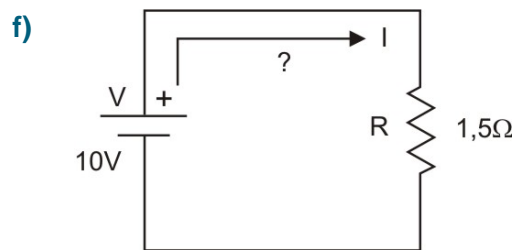
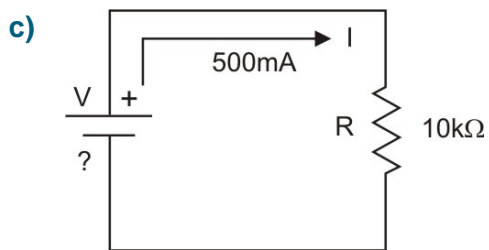
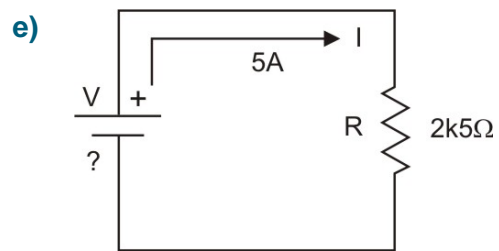
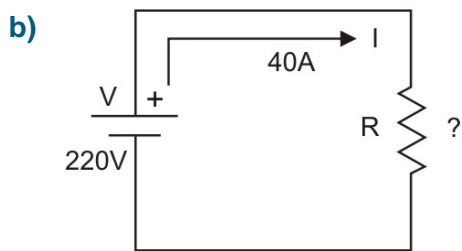
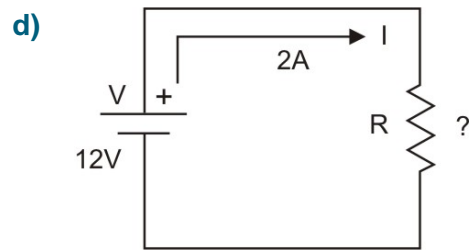
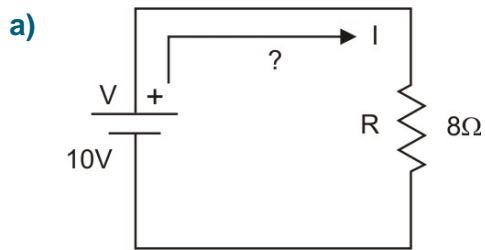
			
			
			
			



# Exercícios

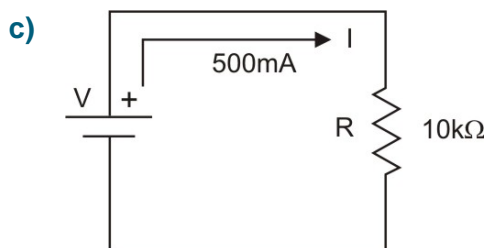
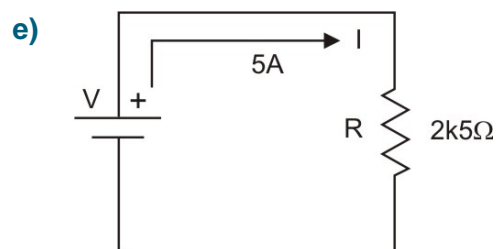
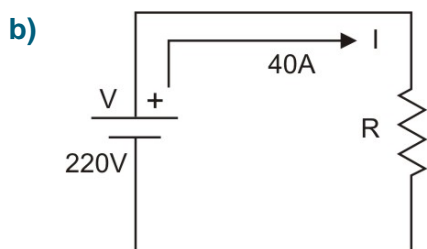
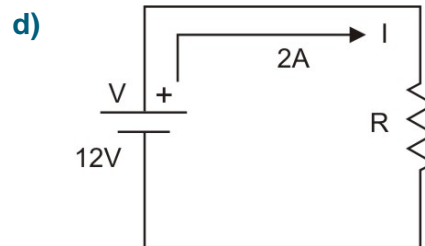
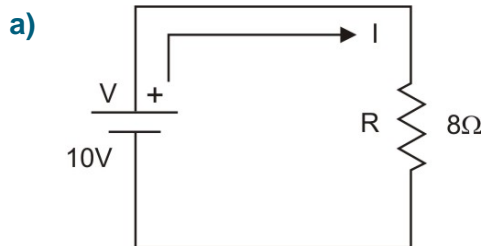
## Exercício de Fixação 1 – Cap. 3 – Terceira Aula

Utilizando a Lei de Ohm, determine a grandeza faltante dos circuitos abaixo:



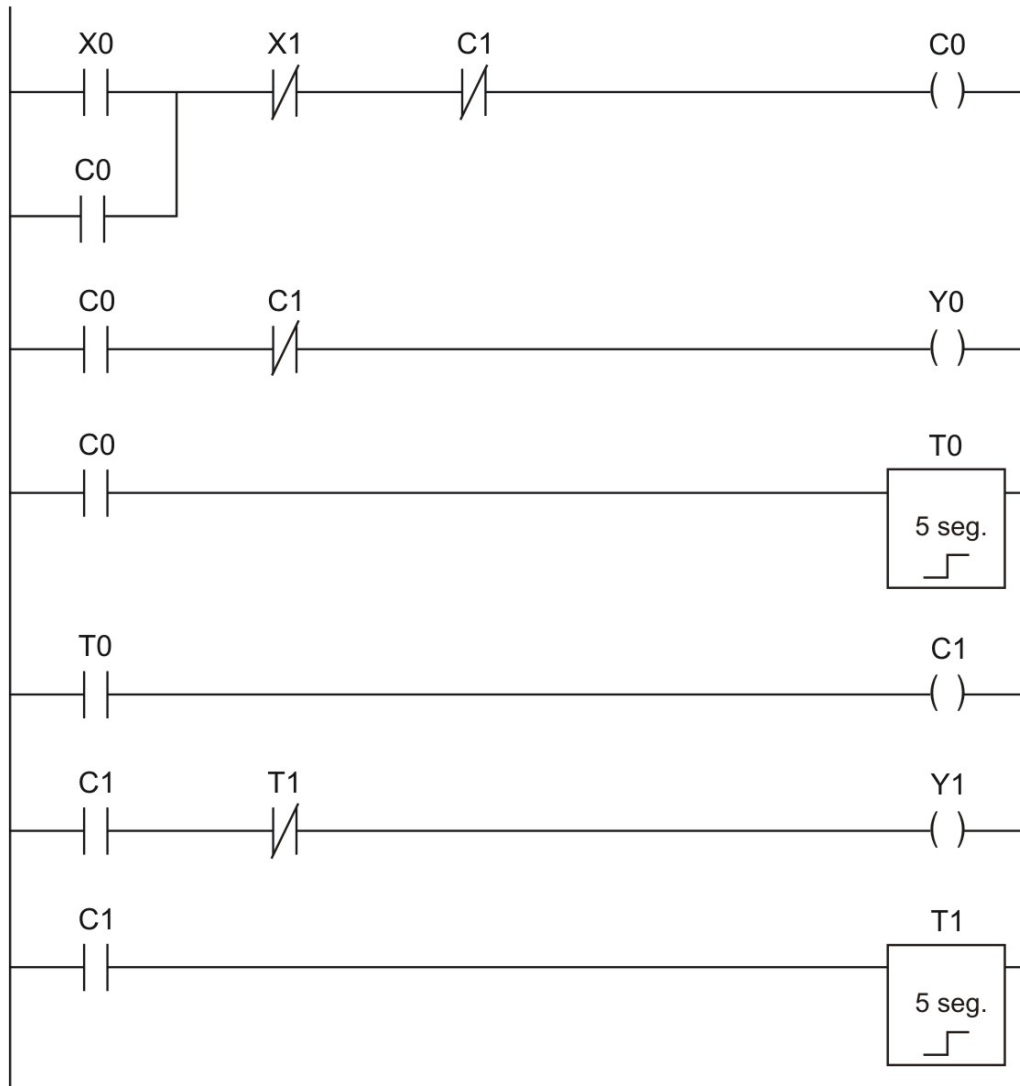
## Exercício de Fixação 2 – Cap. 3 – Terceira Aula

Dados os circuitos abaixo, determine a potência dissipada no resistor.



### Exercício de Fixação 3 – Cap. 3 – Décima Oitava Aula

A partir do exemplo a seguir, peça para os jovens descreverem o seu funcionamento.



## Exercício de Fixação 4 – Cap. 4 – Segunda Aula

**Educador**, como os conceitos e fórmulas para hidráulica e pneumática são semelhantes, os exercícios a seguir podem ser usados para ambos.

- 1 Um atuador pneumático cujo êmbolo possui área de  $25 \text{ cm}^2$  é alimentado com ar comprimido a uma pressão de 3 bar. Qual a força exercida pelo eixo desse cilindro?
- 2 Imagine uma bomba de encher pneus. Suponhamos que seu êmbolo tenha 2,5 cm de diâmetro. Se um bloco de 10 kg de massa for apoiado sobre o cabo dessa bomba, mantendo-se o bico fechado, (vide figura), qual será a pressão correspondente, em atmosferas, dentro da bomba de ar? Lembre-se de que a pressão é igual em todas as direções.



- 3 Um atuador alimentado por ar a uma pressão de 4 bar consegue deslocar um bloco de metal com uma força de 250 kgf. Qual deve ser a área do êmbolo desse atuador?
- 4 Uma tubulação de ar com diâmetro interno de 1 cm transporta 6 litros/min de ar. Com que velocidade, em cm/seg, o ar percorre a tubulação?
- 5 Qual a vazão necessária, em litros/min, para que um cilindro, cujo êmbolo tem  $30 \text{ cm}^2$ , possa deslocar sua haste à velocidade de 10 cm/s?

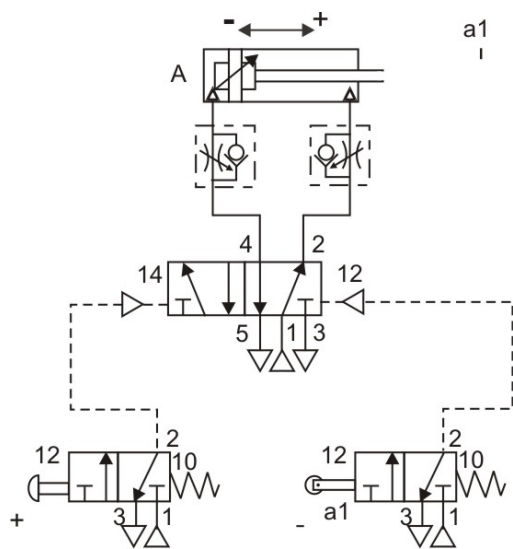


## Exercício de Fixação 5 – Cap. 4 – Quinta Aula

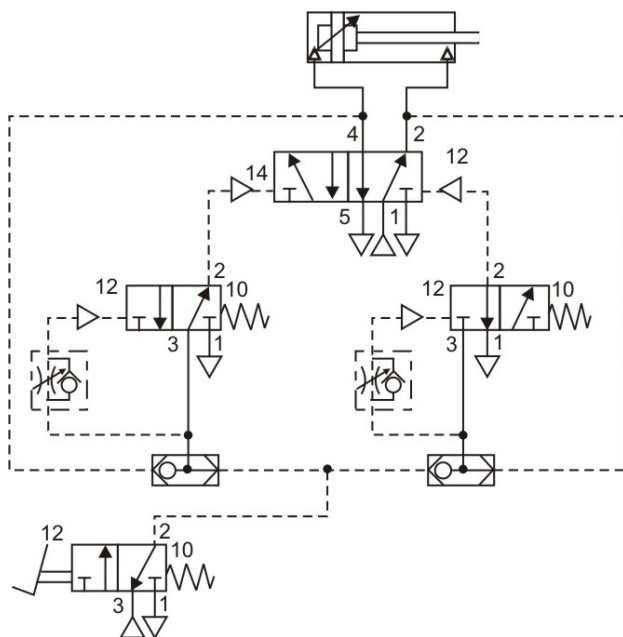
Dados os esquemas abaixo, peça aos jovens que os analisem e expliquem a sequência de eventos que ocorrerá após a chave inicial ser acionada.

Explique o que os circuitos abaixo fazem:

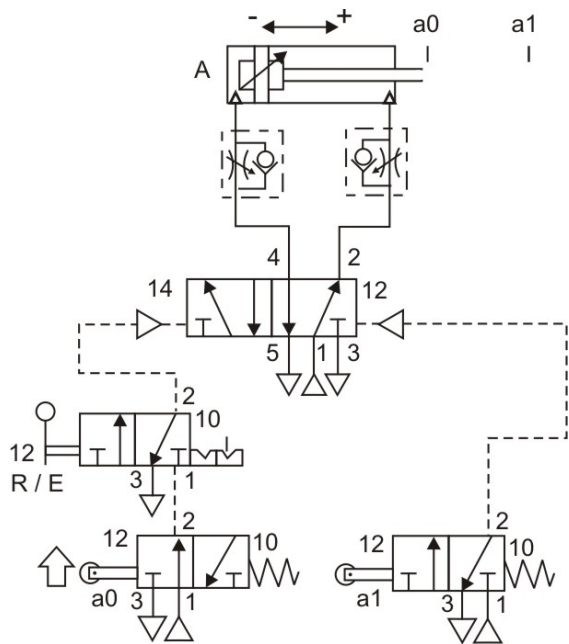
1



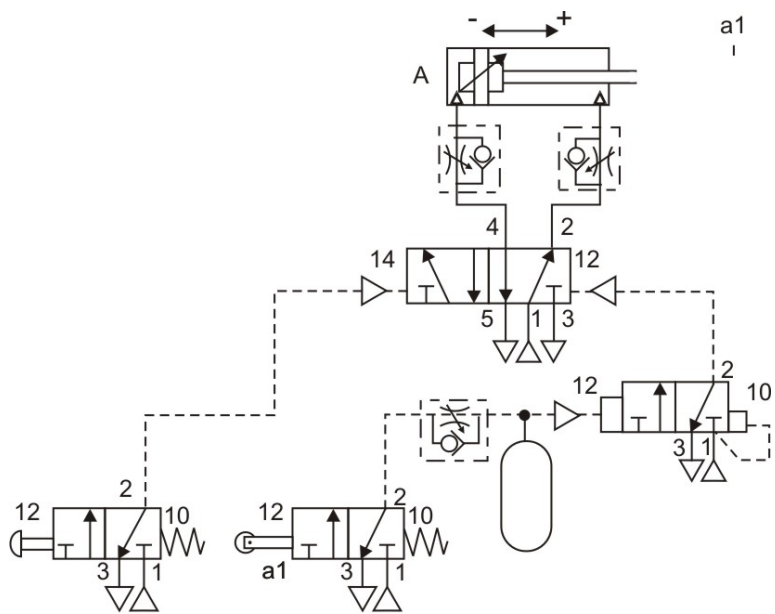
2



3



4



# Gabarito dos Exercícios

## Exercício de Fixação 1 – Cap. 3 – Terceira Aula

- a) 1,25A
- b) 5,5Ω
- c) 5KV
- d) 6Ω
- e) 12k5V
- f) 6,67A

## Exercício de Fixação 2 – Cap. 3 – Terceira Aula

- a) 12,5W
- b) 8k8W
- c) 2,5KW
- d) 24W
- e) 65k2W

## Exercício de Fixação 3 – Cap. 3 – Décima Oitava Aula

Pressionando o botão X0 a saída Y0 será ativada e permanecerá nesse estado por cinco segundos, mesmo que o botão X0 tiver sido desacionado. Após esse tempo, a saída Y1 será ativada e a Y0 desligada. A saída Y1 permanecerá ativada por cinco segundos e após esse tempo será desligada. A qualquer momento o botão X1 poderá ser pressionado, interrompendo o funcionamento da saída Y0.

## Exercício de Fixação 4 – Cap. 4 – Segunda Aula

1

1 bar = 1,0196 kgf/cm<sup>2</sup>, logo 3 bar = ~ 3,06 kgf/cm<sup>2</sup>

Força = pressão x área, então temos que:

Força = 3,06 kgf/cm<sup>2</sup> x 25 cm<sup>2</sup> = **76,5 kgf**

2

$$1 \text{ atm} = 1,0333 \text{ kgf/cm}^2, \quad 1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}, \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Área do êmbolo} = r^2 * \pi = (2,5 \text{ cm}/2)^2 * 3,1415 = \sim 4,9 \text{ cm}^2$$

$$\text{A força Peso} = \text{massa} * g, \text{ ou seja, } 10 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 = 98 \text{ N} = 10 \text{ kgf}$$

$$\text{Pressão} = \text{força}/\text{área}, \text{ logo } 10 \text{ kgf} / 4,9 \text{ cm}^2 = \sim 2,04 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ou } \mathbf{1,975 \text{ atm}}$$

3

$$1 \text{ bar} = 1,0196 \text{ kgf/cm}^2, \quad \text{logo } 4 \text{ bar} = \sim 4,08 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = \text{força} / \text{área} \quad \text{ou ainda, } \text{área} = \text{força}/\text{pressão}$$

$$\text{Área} = 250 \text{ kgf} / 4,08 \text{ kgf/cm}^2 = \mathbf{61,27 \text{ cm}^2}$$

4

$$\text{Velocidade} = \text{vazão}/\text{área}$$

$$\text{Vazão} = 6 \text{ litros/min} \text{ ou } 6 \text{ dm}^3/\text{min} \text{ ou } 6000 \text{ cm}^3/\text{min} \text{ ou } 100 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

$$\text{Área} = (0,5 \text{ cm})^2 * 3,1415 = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Velocidade} = 100 \text{ cm}^3/\text{seg} / 0,785 \text{ cm}^2 = \sim \mathbf{127,4 \text{ cm/seg}}$$

5

$$\text{Velocidade} = 10 \text{ cm/seg} \text{ ou } 60 \text{ cm/min}$$

$$\text{Área} = 30 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vazão} = \text{velocidade} * \text{área}$$

$$\text{Vazão} = 60 \text{ cm/min} * 30 \text{ cm}^2 = 1800 \text{ cm}^3/\text{min} = 1,8 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$\text{Vazão} = 1,8 \text{ dm}^3/\text{min} = \mathbf{1,8 \text{ litros/min}}$$

## Exercício de Fixação 5 – Cap. 4 – Quinta Aula

- 1 Ao se acionar o botão da válvula 3/2 da esquerda, o ar comprimido será liberado e acionará o piloto 14, deslocando a válvula 5/2 para a posição da direita. O ar comprimido passará sem restrição pela válvula de controle de fluxo unidirecional alimentando o cilindro que avançará. O ar que sai do cilindro passará pela restrição e o movimento será controlado (velocidade limitada).

Quando o cilindro chegar ao fim de seu curso acionará o came da válvula a1 (3/2) deslocando-a de posição. O ar comprimido então acionará o piloto 12 da válvula 5/2 que voltará para sua posição original. O cilindro fará o movimento de retorno com velocidade controlada.

Em resumo, o circuito acima executará uma única sequência A+ A- com velocidade controlada e retorno automático, cada vez que o botão for pressionado.

- 2 Ao ser acionado o pedal, o ar percorrerá as válvulas de 3/2 vias e 5/2 vias e acionará o cilindro que avançará com velocidade máxima. Ao chegar ao fim do curso a pressão do ar no lado esquerdo do circuito acionará (com retardo) a válvula de 3/2 vias que liberará o ar do piloto 14 da válvula de 5/2 vias. Ao mesmo tempo, a pressão do lado direito do circuito terá diminuído devido ao escape do ar. Com isso a válvula de 3/2 vias da direita será reposicionada pela mola e alimentará o piloto 12 da válvula 5/2 vias fazendo com que o cilindro retorne em velocidade máxima.

Em resumo, o circuito executará a sequência A+ A- com retorno automático, enquanto o pedal permanecer acionado.

- 3 Com a alavanca em sua posição normal, o cilindro permanece recuado pressionando o came da válvula fim de curso a0 que fornece o ar sob pressão para o circuito.

Quando a alavanca é acionada e travada na posição de trabalho, o ar comprimido aciona a válvula principal de 5/2 vias que fornece ar sob pressão ao cilindro. O cilindro avança em velocidade controlada liberando a0. Quando atinge a1, a válvula principal de 5/2 vias é pilotada novamente para sua posição original alimentando o cilindro na direção oposta. O cilindro então recua com velocidade controlada liberando a1. Quando atingir a0 novamente o ciclo irá se reiniciar.

Em resumo, o circuito realiza a sequência A+ A- com velocidade controlada e avanço/recuo automáticos enquanto a alavanca permanecer acionada.

- 4 Ao ser acionado o botão, o ar pilotará a válvula principal de 5/2 vias que alimentará o cilindro com ar sob pressão. O cilindro avançará com velocidade controlada e ao atingir a1 iniciará a carga do acumulador.

Quando a pressão no acumulador atingir seu valor nominal, a válvula auxiliar 3/2 vias com piloto proporcional será acionada e posicionará a válvula principal em sua posição original. O cilindro retorna com velocidade controlada liberando a1.

O ar no acumulador então é descarregado e a válvula auxiliar 3/2 vias volta rapidamente à sua posição original.

Em resumo, o circuito realizará uma única sequência A+A- com velocidade controlada, mas permanecendo por um determinado tempo no fim do curso até que o acumulador se carregue.



# Gabarito das Avaliações

## Avaliação Teórica 1

1

- Eficiência
- Autorreparo
- Planejamento
- Treinamento
- Ciclo de vida

2 O 5S é originário do Japão e refere-se a cinco letras iniciais de palavras japonesas. Ele promove o acultramento das pessoas a um ambiente de economia, organização, limpeza, higiene e disciplina, fatores fundamentais à elevada produtividade.

3

- Análise de óleo
- Análise de vibrações
- Monitoramento de mancais

4 V, F, V, F, V

5

- Perdas por quebra.
- Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem – *setup* de máquina.
- Perdas por operação em vazio (espera).
- Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal.
- Perdas por defeitos de produção.
- Perdas por queda de rendimento.

## Avaliação Teórica 2

- 1 (1 ponto) Automação é o conjunto das técnicas e dos sistemas de produção fabril baseados em máquinas com capacidade de executar tarefas previamente executadas pelo homem e de controlar sequências de operações sem a intervenção humana.

Podemos controlar essas máquinas e processos com o uso de dispositivos mecânicos e/ou eletroeletrônicos, como sensores, computadores, CLPs, CNCs, Robôs, etc.

Automatizar significa implementar dispositivos em um processo para que este possa ocorrer sem falhas e continuamente, eliminando a necessidade de força humana em atividades prejudiciais ao homem.

- 2 (1 ponto)

- Melhoria da produtividade.
- Melhoria da qualidade do produto.
- Segurança.
- Redução de custos.
- Redução de tempo de produção.
- Aumento do lucro (pelos fatores citados anteriormente).
- Ganho de flexibilidade (a linha de produção pode ser alterada para diferentes tipos de produtos sem maiores investimentos).
- Menor necessidade de mão-de-obra.
- Melhoria do ambiente de trabalho (redução de trabalhadores em ambientes de risco).
- Trabalho contínuo e repetitivo (as máquinas não precisam “descansar”).

- 3 (1 ponto) Os sensores são os responsáveis por fornecer ao controlador as variáveis de uma linha de produção (por exemplo: localização de uma peça, finalização de uma etapa do processo, temperatura, pressão, vazão, tamanho, peso, cor, etc.). Essas informações são levadas até o controlador pelos meios de transmissão (fios, cabos, fibras, entre outros).

O controlador toma a decisão do que fazer de acordo com o programa que está em sua memória. Os CLPs (Controlador Lógico Programável) são exemplos de controladores amplamente utilizados na automação, assim como os CNCs (Comando Numérico Computadorizado) e os Centros de Usinagem.

De acordo com a decisão tomada pelo controlador (programada em memória) este envia sinais de comando até os atuadores.

Os atuadores que recebem esses sinais de controle executarão a atividade solicitada. Temos como exemplo de atuadores os cilindros eletropneumáticos, cilindros eletro-hidráulicos, válvulas, robôs, garras, entre inúmeros outros.



4 (1 ponto)

**Modularidade** – Capacidade de trabalhar em blocos, facilitando o processo de automação e expansão. A modularidade visa trazer redução de custos e flexibilidade na mudança do processo.

**Desempenho** – Diretamente ligada à eficiência do processo de produção. É a capacidade de atingir resultados utilizando o mínimo de recursos possíveis.

**Expansibilidade** – Uma boa automação deve prever novas tecnologias e o crescimento de uma linha de produção. É a capacidade de absorver o crescimento sem grandes custos ou mudanças de equipamento.

5 (2 pontos)

E:

Entrada		Saída
A	B	S
0	1	0
1	1	1
1	0	0
0	0	0

NÃO E:

Entrada		Saída
A	B	S
1	1	0
0	1	1
1	0	1
0	0	1

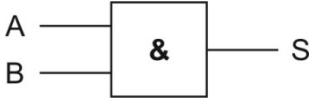
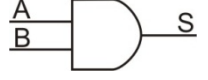
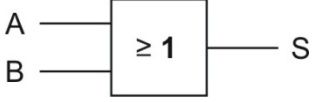
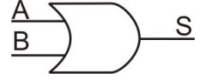
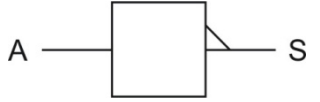
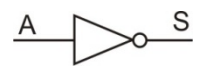
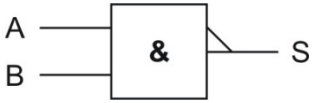
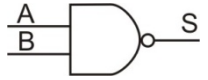
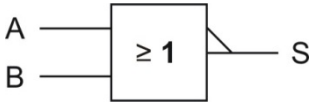
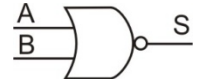
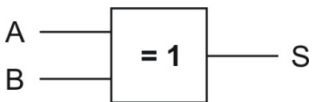

OU:

Entrada		Saída
A	B	S
0	1	1
0	0	0
1	1	1
1	0	1

NÃO OU:

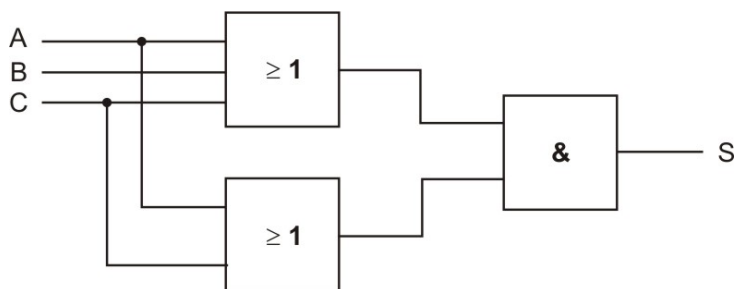
Entrada		Saída
A	B	S
1	0	0
0	1	0
0	0	1
1	1	0

6 (2 pontos)

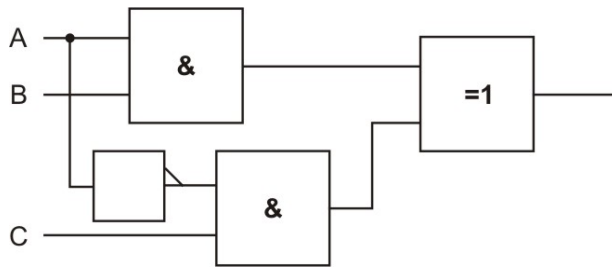
	Simbologia no Brasil	Simbologia nos Estados Unidos
Porta E		
Porta OU		
Porta NÃO		
Porta NÃO E		
Porta NÃO OU		
Porta OU EXCLUSIVO		

7 (2 pontos)

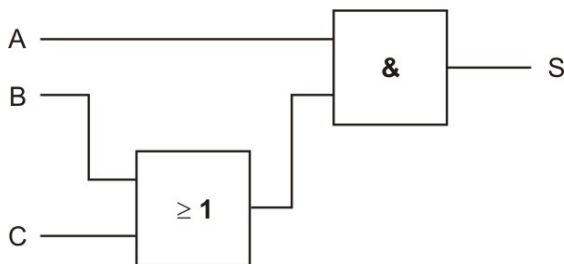
a)



b)



c)



8 A finalidade dos *softwares* de CAD é auxiliar no desenvolvimento de projetos gráficos, automatizando diversas tarefas de desenho por meio de ferramentas de modelagem em 2D e/ou 3D e permitindo, também, inserir diversas especificações de projeto diretamente no desenho de modo a facilitar a documentação, tais como medidas, tolerâncias, tipos de material, detalhes de acabamento e de integração.

9

a) Com base em modelos matemáticos fornecidos pelas ferramentas de CAD, um *software* do tipo CAM gera os passos necessários para a confecção das partes do produto final, bem como a trajetória de ferramentas e o momento adequado de se utilizá-las. Elas geram uma sequência de comandos que podem ser descarregados em máquinas computadorizadas (CNC, Robôs, CMMs) para controlar os procedimentos de fabricação e seus movimentos.

b) Um *software* de CAM produz uma lista de comandos que pode ser composta por até milhares de linhas, dependendo da complexidade do projeto. O pós-processador otimiza o código gerado eliminando redundâncias e simplificando as operações por meio da substituição de longas sequências de movimentos simples por rotinas especializadas e mais eficientes, específicas da máquina onde o código vai ser executado.

10 **CIM** (*Computer-Integrated Manufacturing*) – É a combinação organizada de diversas técnicas e tecnologias para se obter a integração total de todos os processos envolvidos na criação e fabricação de um produto e baseia-se no uso de computadores ligados em rede formando um sistema integrado de gerenciamento

e controle de informações que abrange desde o chão-de-fábrica até os departamentos administrativos e de apoio.

**FMS** (*Flexible Manufacturing Systems*) – São conjuntos de máquinas integradas física e logicamente que, controladas por um computador central, realizam todas as tarefas relacionadas a um determinado processo produtivo com o mínimo de intervenção humana. São normalmente compostos por uma ou mais máquinas computadorizadas CNC que são atendidas (alimentadas) por um robô que coloca e retira peças da máquina movendo-as de e para um sistema de transporte que pode ser baseado em esteira ou robôs autoguiados.

11

a) Comando Numérico Computadorizado é equipamento eletroeletrônico baseado em um computador dedicado que tem a função de ler, interpretar e executar um programa de produção escrito especificamente para o tipo de máquina a que está acoplado. Ele é capaz de converter coordenadas geométricas em movimentos e ações de produção automatizados.

b)

- Centros de usinagem
- Injetoras
- Máquinas de medição de coordenadas (*CMM- Coordinate Measuring Machines*)

c)

- Unidade de E/S de dados
- Unidade de interpretação de comandos
- Unidade de cálculo
- Unidade de interconexão entre servomecanismos e máquina-ferramenta
- Elementos mecânicos e atuadores finais

12

a) São os movimentos básicos independentes que um robô pode realizar e correspondem ao número de movimentos relativos de suas articulações. Quanto mais graus de liberdade o robô tiver, maior será sua flexibilidade, mas em contrapartida seu controle também se tornará mais complexo.

b)

- Precisão – Capacidade que o robô tem de atingir um determinado ponto do espaço ou realizar uma trajetória com mínimo de erro (desvio) possível e está relacionada com o grau de rigidez do robô (que é resultado do seu tipo de construção) e com a velocidade de processamento da unidade de controle.
- Repetibilidade – Capacidade de repetir um movimento diversas vezes mantendo a mesma precisão.

- Volume de trabalho – É a soma de todos os pontos que o atuador final do robô consegue alcançar no espaço.
- c) Um robô cartesiano possui basicamente movimentos prismáticos (lineares) que produzem um volume de trabalho com formato de um paralelepípedo. Já um robô articulado vertical possui juntas de revolução na sua constituição, que lhe proporcionam movimentos mais complexos e acarretam um volume de trabalho esférico.

### Avaliação Teórica 3

- 1 Corrente elétrica é definida como o fluxo de elétrons através de um condutor elétrico.

Se tivermos elétrons em movimento em um condutor, geralmente metálico, teremos corrente elétrica.

O símbolo utilizado para representar a intensidade da corrente elétrica é o  $I$ , que vem do alemão *Intensität*.

A corrente elétrica também pode ser definida como a quantidade de cargas  $Q$  que fluem de um local ao outro em um determinado tempo  $t$ .

- 2 Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. É também conhecida como ddp (diferença de potencial). O símbolo utilizado para representar a tensão elétrica é o  $V$ . A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o *volt*, representado pela letra  $V$  maiúscula, como forma de homenagem ao físico italiano Alessandro Volta.

- 3 Resistência elétrica é oposição ao fluxo de elétrons, ou ainda, a oposição de um material à passagem de corrente elétrica. O símbolo utilizado para representar a resistência elétrica é o  $R$ .

A unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é denominada *ohms* e representada pela letra grega *ômega* ( $\Omega$ ).

Quando aplicamos uma corrente elétrica em um condutor elétrico, um número muito grande de elétrons passa a se deslocar ordenadamente (em um sentido). Nesse deslocamento eles encontram certa dificuldade de se propagar pelo material por causa da colisão com outros elétrons. Essa resistência ao seu deslocamento é denominada resistência elétrica.

4

- a)  $R = 220\Omega$
- b)  $I = 0,05A$  ou  $50mA$
- c)  $V = 110V$
- d)  $V = 12V$

- 5 Todos os resultados de potência serão iguais a  $55W$  (Watts).

- 6 Uma corrente elétrica permanece num circuito enquanto estiver ligada à tensão. A corrente elétrica caminha em apenas um sentido, quando a tensão “empurra” a corrente nesse sentido. Existem tensões que “empurram” e “puxam” a corrente, isto é, invertem o sentido da corrente muito rapidamente.

Quando a corrente caminha sempre num mesmo sentido é chamada de Corrente Contínua – CC ou, em inglês, *Direct Current* – DC.

Quando a corrente muda de sentido é chamada de Corrente Alternada – CA ou, em inglês, *Alternating Current* – AC.

As tensões que geram essas correntes são chamadas, respectivamente, de Tensão Contínua e Tensão Alternada.

- 7 Multímetro é um instrumento de medição de grandezas elétricas. Ele é uma composição de vários equipamentos de medição, antes vendidos separadamente (ohmímetro, voltímetro e amperímetro). Pode realizar medições de resistência elétrica, tensão elétrica (contínua e alternada), corrente elétrica (contínua e alternada), continuidade de um condutor, diodos, entre outras. Alguns multímetros fazem testes com capacitores e transistores.

- 8 Basta colocarmos dispositivos de proteção adequados a cada instalação elétrica. Disjuntores e fusíveis são muito utilizados a fim de evitar que um simples curto-circuito se torne um incêndio.

- 9 Dispositivos de proteção são elementos que têm como objetivo interromper a passagem de correntes elétricas de valores elevados que podem danificar componentes, aparelhos, lâmpadas ou mesmo causar um incêndio.

**Fusíveis** – São elementos ligados em série com as fases de um circuito. O fusível protege o circuito porque possui, dentro do seu corpo, um filamento de chumbo ou estanho que se rompe (funde) quando circula por ele uma corrente superior àquela que ele suporta.

Os fusíveis são geralmente dimensionados 20% acima da corrente nominal do circuito.

Quando o fusível atua, necessita ser trocado.

**Disjuntores** – São dispositivos de proteção automáticos contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Para sobrecargas, os disjuntores possuem um relé térmico (de atuação retardada) que tem uma lâmina aquecida pela corrente que atravessa o disjuntor; esse aquecimento provoca uma deformação na lâmina, acionando um gatilho e abrindo (desliga) o circuito.

Para curtos-circuitos, os disjuntores possuem um relé eletromagnético (de atuação instantânea) cuja bobina é percorrida por uma corrente. Quando um valor máximo permitido para essa corrente for ultrapassado, o relé aciona um dispositivo mecânico que desliga o disjuntor, abrindo (desligando) o circuito.

Relé é uma chave automática eletromagnética, isto é, um dispositivo eletromagnético empregado geralmente para abrir ou fechar automaticamente um ou mais circuitos.

Os disjuntores são também considerados dispositivos de manobra porque podem atuar como interruptores de corrente nas condições normais do circuito.

**Relé térmico ou de sobrecarga** – É um dispositivo que possui contatos auxiliares que interrompem a passagem da corrente da bobina, desacionando uma carga. Para religar, é preciso acionar manualmente um botão de rearme do relé.

10 Os CLPs são utilizados em inúmeros sistemas de automação. Permitem desenvolver e alterar com facilidade a lógica de controle para acionamento das saídas em função das entradas. Podem-se utilizar inúmeros pontos de entrada de sinal para controlar as saídas.

Um CLP é um microcomputador aplicado ao controle de um sistema ou de um processo. É composto de módulos de entradas digitais ou analógicas.

As entradas analógicas têm seu valor convertido para digital, para que a CPU (Unidade Central de Processamento) possa entendê-las e processá-las. A lógica a que são submetidas as entradas para gerar as saídas é programada pelo usuário do sistema.

As saídas também podem ser digitais ou analógicas.

Os CLPs são largamente utilizados em automação industrial de máquinas e processos, compondo máquinas como centros de usinagem, injetoras de plástico, sopradoras, prensas, com aplicações na indústria automobilística, petroquímica e na automação de processos de fabricação.

As principais vantagens da utilização de CLPs, entre inúmeras outras, são:

- fácil manutenção;
- fácil alteração da lógica programada;
- menor espaço ocupado nos painéis de comando;
- facilidade na detecção de defeitos;
- consomem menos energia (potência);
- podem se comunicar facilmente com outros CLPs;
- a confiabilidade do projeto é mais garantida.

## Avaliação Teórica 4

1

- 1 **Compressor** – Responsável por empurrar o ar para dentro do tanque.
- 2 **Dreno** – Permite eliminar a água condensada no tanque.
- 3 **Válvula de segurança** – Age caso a pressão do tanque atinja valores muito altos.
- 4 **FRL** (Filtro Regulador Lubrificador) – Elimina as impurezas do ar e acrescenta óleo para evitar a oxidação dos componentes do sistema.
- 5 **Válvula reguladora de pressão** – Permite ajustar a pressão de saída do ar.

2

- Ajustar pressão de trabalho
- Controlar a vazão do ar
- Controlar a direção de fluxo do ar

3

Símbolo	Designação	Interpretação
	2/2	2 vias/2 posições – normalmente fechada
	3/2	3 vias/2 posições – normalmente aberta
	4/2	4 vias/2 posições
	5/2	5 vias/2 posições
	4/3	4 vias/3 posições – centro fechado
	4/3	4 vias/3 posições – centro aberto para tanque
	5/3	5 vias/3 posições – centro tandem

4

**a)  $5 \text{ bar} = (5 \times 1,0196) \text{ kgf/cm}^2 = 5,098 \text{ kgf/cm}^2$**

Força = pressão x área  $\Rightarrow$  Força =  $5,098 \text{ kgf/cm}^2 \times 25 \text{ cm}^2 = 127,45 \text{ kgf}$

**b)  $6 \text{ l/min} = 6 \text{ dm}^3/\text{min} = 6000 \text{ cm}^3 / 60 \text{ seg} = 100 \text{ cm}^3/\text{seg}$**

Velocidade = vazão / área  $\Rightarrow$  Velocidade =  $100 \text{ cm}^3/\text{seg} / 25 \text{ cm}^2 = 4 \text{ cm/seg}$



- 5 O cilindro de ação simples recebe pressão do ar em uma única direção e o retorno do êmbolo é causado pela ação de uma mola ou por força externa.



Já o cilindro de dupla ação recebe pressão do ar em ambas as direções. Dessa forma, tanto o avanço quanto o retorno do êmbolo são controlados pela aplicação do ar.



6

Características	Simbologia	Tipo de sensor
São constituídos de um circuito oscilador, um circuito de disparo e um circuito amplificador, e são capazes de detectar a presença de materiais metálicos.		Sensor indutivo
Chave interruptora eletromecânica acionada em apenas uma direção, usada como sensor de fim de curso.		Fim de curso acionado por gatilho
Têm a propriedade de detectar materiais metálicos e não metálicos (sólidos ou líquidos) pela variação de um dielétrico.		Sensor capacitivo
Fecham ou abrem um contato elétrico quando detectam a presença de um campo magnético externo.		Reed Switch
Emitem um sinal elétrico toda vez que uma barreira de luz é interrompida ou um sinal luminoso é refletido por um objeto.		Sensor ótico

7

- Ao se pressionar **a1** o ar comprimido agirá sobre o piloto da válvula direcional **a0** que deslocará para a direita e alimentará o cilindro com ar pressurizado. O cilindro avançará com velocidade controlada graças à válvula **a.02**.
- Ao se pressionar **a2** o ar comprimido agirá sobre o piloto da válvula direcional **a0** que deslocará para a esquerda e alimentará o cilindro com ar pressurizado na direção oposta. O cilindro avançará com velocidade controlada graças à válvula **a.01**.

8 A produção de óleo pressurizado é feita por meio de bombas hidráulicas que fazem a admissão do óleo a partir de um tanque e o impulsionam pelo circuito hidráulico. O óleo que sai da bomba passa por um sistema que regula sua pressão de acordo com as necessidades da linha de distribuição e elementos de controle.

9

	Válvula de descarga com dreno interno controlada remotamente		Válvula de retenção <b>sem</b> mola
	Válvula de segurança		Válvula de retenção <b>com</b> mola
	Válvula redutora de pressão		Válvula de retenção pilotada para abrir
	Válvula de contrabalanço		Válvula de retenção pilotada para fechar

10

- Ao se acionar **y1** a válvula direcional irá se deslocar para a esquerda e o óleo sob pressão passará pela retenção livremente alimentando o cilindro e elevando a carga.
- Ao se acionar **y0** a válvula direcional irá se deslocar para a direita e o óleo sob pressão alimentará a parte de cima do cilindro forçando a carga a descer. O óleo que sai do cilindro passará pela válvula de contrabalanço e o cilindro descerá a carga com velocidade controlada.
- Se nenhuma das solenóides for acionada, a válvula direcional permanecerá na sua posição central, devido à ação das molas, e o cilindro permanecerá parado na posição em que estiver.

## Glossário

### *AGV – Automated Guided Vehicle*

Ou veículo autoguiado – É um nome genérico dado a um tipo especial de robô móvel usado para transporte de peças e alimentação de máquinas em linhas de produção. Pode se orientar por uma faixa no solo, trilhos ou sensores espalhados ao longo da linha.

### *Analógico*

Um sinal analógico é aquele que possui variação contínua ao longo do tempo, podendo assumir infinitos valores de amplitude.

### *Anomalia*

Anomalias são quebras de equipamentos, qualquer tipo de manutenção corretiva, defeitos em produto, refugos, retrabalhos, insumos fora de especificação, reclamações de clientes, vazamentos de quaisquer naturezas, paradas de produção por qualquer motivo, atrasos nas compras, erro em faturas, erro de previsão de vendas, etc. Ou seja, são todos os eventos que fogem do normal.

### *Brainstorming*

Ou "tempestade cerebral", mais que uma técnica de dinâmica de grupo, é uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo colocando-a a serviço de objetivos predeterminados.

### *CAD – Computer-Aided Design*

Ou desenho auxiliado por computador – É o nome genérico de sistemas computacionais (*softwares*) utilizados pela engenharia, geologia, arquitetura e *design* para facilitar o projeto e desenhos técnicos.

### *CAE – Computer-Aided Engineer*

Ou engenharia auxiliada por computador – Corresponde a uma ferramenta de *software* usada para cálculos e simulações de engenharia em projetos elaborados via CAD.

### *CAM – Computer-Aided Manufacturing*

Ou manufatura auxiliada por computador – Refere-se a sistemas de automação da produção, normalmente integrados a sistemas CAD/CAE, para tradução das primitivas geométricas de um desenho em comandos de movimento e parâmetros de controle para máquina CNC.

### *CAPP – Computer-Aided Process Planning*

Ou planejamento de processos auxiliado por computador – É o nome dado às ferramentas de *software* que auxiliam no desenvolvimento de planos de processo de produção.

### *CIM – Computer-Integrated Manufacturing*

Ou manufatura integrada por computador – Consiste na interligação e coordenação, por meio de computadores, das várias etapas de produção incluindo desde o projeto

de produtos até o planejamento da produção e o controle de operações.

### CLP – Controlador Lógico Programável

É um computador especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade em ambientes industriais.

### CMM – *Coordinate Measuring Machine*

Ou máquina de medição por coordenadas – É um tipo especial de máquina de inspeção de medidas com alta precisão que pode ser comandada por um CNC para realizar a verificação de medidas e tolerâncias em um dado item produzido.

### CNC – *Computer Numerical Control*

Ou (comando) – Controle numérico computadorizado corresponde a uma técnica de comando e controle de servomecanismos por meio de um *software* que é traduzido em ações. É também o nome dado ao equipamento que faz esse tipo de controle.

### Convergência digital

Unificar vários serviços ou produtos de tecnologia numa só plataforma facilitando a vida do usuário.

### Cotejar

1. Investigar, analisar (alguma coisa), colocando(-a) em confronto com (outra), esp. a partir de uma cota ('nota'); confrontar. Exemplo: <a banca cotejou as teses> <cotejou as hipóteses com os resultados obtidos>.

2. Estabelecer comparação entre; investigar (semelhanças e/ou diferenças) entre (uma ou mais coisas); comparar. Exemplo: <cotejou a beleza das irmãs> <cotejou sua vida com a do seu poeta predileto>.

### *Device driver*

Ou *driver* de dispositivo corresponde a um tipo especial de programa capaz de conversar com um dispositivo de *hardware* e traduzir as informações para o sistema operacional ou vice-versa.

### Digital

Um sinal digital é aquele que possui dois valores discretos de amplitude bem definidos ao longo do tempo, podendo representar informações binárias.

### Êmbolo ou pistão

É uma peça cilíndrica em ferro ou liga metálica que se move longitudinalmente no interior do cilindro, podendo ou não ter uma haste acoplada a ele.

### *Encoder*

Um tipo de sensor ótico, rotativo ou linear, que converte deslocamentos em pulsos digitais permitindo o controle de servomecanismos.

### EPI

Equipamento de Proteção Individual como óculos, protetor auricular, botas, luvas, etc

### *Ethernet*

Rede de comunicação de dados caracterizada pela transmissão de informações de forma local.

### *Fieldbus*

Rede de comunicação industrial para controle em tempo real.

### *FMS – Flexible Manufacturing System*

Ou sistemas flexíveis de manufatura – São conjuntos de máquinas integradas que permitem processar vários tipos diferentes de produtos, bastando mudar o software de produção carregado no sistema.

### *Inteligência artificial*

Área de pesquisa da ciência da computação que visa construir dispositivos capazes de resolver problemas/situações baseados em experiências anteriores “pensando”.

### *Linhas de montagem*

Linha de produção sequencial. O produto em fabricação é deslocado por meio da linha de montagem, evitando que o montador precise se deslocar, tornando o processo de produção mais eficiente. A montagem acontece de maneira serial.

### *Linhas Transfer*

Linhas de produção projetadas para fabricação em massa de um mesmo tipo de produto ou de produtos com mínimas variações em sua especificação.

### *Lógica Fuzzy*

Também conhecida como lógica difusa ou nebulosa, é uma variação da lógica booleana, onde valores lógicos intermediários podem ser utilizados (não apenas verdadeiro ou falso). A incerteza dos valores intermediários como o talvez, médio, morno, entre outros, faz com que as opções de controles sejam maiores e mais precisas.

### *Machine Vision (Visão de máquina)*

Tecnologia industrial de processamento de imagens utilizada desde a inspeção final de produtos até o auxílio de uma operação de um braço mecânico.

### *MRP – Material Requirements Planning*

Planejamento de Necessidades de Material – Corresponde às ferramentas que auxiliam no cálculo e controle de matérias-primas para a produção, definindo as quantidades necessárias por processo. Há também o MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) que gerencia os recursos de manufatura, definindo quais recursos (máquinas, equipamentos, ferramentas, departamentos, etc.) são necessários para realizar um determinado processo produtivo.

### *NA – Normalmente Aberto*

É a indicação do estado do contato aberto antes de ele ser acionado.

### *NF – Normalmente Fechado*

É a indicação do estado do contato fechado antes de ele ser acionado.

## PCP – Planejamento e Controle de Produção

Sistema que permite definir necessidades de recursos e materiais, sequências de operações, agendas e cálculo de custos, de modo a coordenar e acompanhar os processos produtivos.

## Potenciométrico

Característica dos dispositivos que operam de forma similar a um potenciômetro (componente capaz de variar a resistência elétrica entre dois terminais em função do deslocamento de um cursor ao longo de uma pista de carbono ou grafite).

## Protocolo de comunicação

Descrição formal de um conjunto de regras e convenções que determinam como deve ocorrer a comunicação entre dois ou mais dispositivos. Elas determinam o formato, a temporização, sequência e controle de erros na comunicação de dados.

## Realidade virtual

Tecnologia de interface entre homem e máquina, com o objetivo de recriar ambientes, tornando-os o mais próximo possível da realidade.

## *Resolver*

Um tipo de sensor analógico rotativo de alta precisão que opera de forma similar a um transformador, convertendo o deslocamento físico de seu eixo em deslocamento de fase de um sinal.

## *Schedule – Agenda*

Define a sequência cronológica de execução das atividades de produção.

## Servomecanismos

Mecanismos dotados de autossensoriamento que permite a uma unidade de controle ler e corrigir variáveis como força, velocidade, posicionamento, etc., em tempo real.

## Sistemas supervisórios

Uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos para fazer a comunicação entre um computador e uma rede de automação que traz ferramentas padronizadas para construção de interfaces entre o operador e o processo.

## Terotecnologia

A Terotecnologia é a alternativa técnica capaz de combinar os meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações tecnicoeconômicas e métodos de gestão de modo a obter ciclos de vida dos equipamentos cada vez menos dispendiosos (a Manutenção é o coração de qualquer Sistema Terotecnológico).

O conceito de terotecnologia é a base da atual “Manutenção Centrada no Negócio” onde os aspectos de custos norteiam as decisões da área de Manutenção e sua influência nas decisões estratégicas das empresas.

## *Wireless*

Tecnologia de transmissão de dados sem fio.

## Referências

- ANTUNES JR., José A. V. **Manutenção produtiva total: uma análise crítica a partir de sua inserção no sistema Toyota de produção**. 2001. Disponível em: <<http://www.iautomotivo.com>>. Acesso em: 05 out. 2007.
- BIEKERT, Russell. **CIM Technology: Fundamentals and Applications**. Illinois: The Goodheart-Willcox Company, INC, 1993.
- CAPUANO, Francisco G. & IDOETA, Ivan V. **Elementos de Eletrônica Digital**. São Paulo: Érica, 2001.
- CUNHA, L. S.; CRAVENCO, M. P. **Manual Prático do Mecânico**. São Paulo: Editora Hemus, 2006.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Érica, 2007.
- FRANCO, Sergio Nobre. **Comandos hidráulicos: informações tecnológicas**. São Paulo: SENAI-SP, 1987.
- FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO; SENAI-SP. **Manutenção**. São Paulo: Editora Globo, 1996. (Telecurso 2000 - Profissionalizante. Mecânica).
- FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO; SENAI-SP. **Normalização**. São Paulo: Editora Globo, 1996. (Telecurso 2000 - Profissionalizante. Mecânica).
- GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. São Paulo: Érica, 2004.
- GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. Makron Books, 2004.
- HANNIFIN, Parker Co. **Apostila M1001 BR: Tecnologia Pneumática Industrial**. São Paulo: Parker *Training*, 2000.
- HANNIFIN, Parker Co. **Apostila M2001-1 BR: Tecnologia Hidráulica Industrial**. São Paulo: Parker *Training*, 1999.
- HANNIFIN, Parker Co. **Apostila M1002-2 BR: Tecnologia Eletro-Pneumática Industrial**. São Paulo: Parker *Training*, 2000.
- MACHADO, Aryoldo. **Comando Numérico Aplicado às Máquinas-Ferramenta**. São Paulo: Ícone Editora, 1990.
- MasterCAM v.7 – Manual de Referência**. São Paulo: Ascongraph, 1998.
- MOREIRA, Evandro L.M. **Análise da implementação da manutenção produtiva total na área de estamparia em uma empresa do setor automobilístico**. Taubaté-SP: Universidade de Taubaté, 2003.
- NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo, Érica, 2000.
- Robotics Training Program – Textbook 4: Robotic Structure**. Israel: Eshed Robotec, 1992.
- TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 1993.
- TRAUB. **Comando Numérico CNC: Técnica Operacional – Curso básico**. São Paulo: EPU-Editora Pedagógica e Universitária, 1984.

WIRTH, Almir. **Eletricidade e Eletrônica Básica**. Alta Books, 2007.

### *Sites para consulta*

[http://www.ebape.fgv.br/academico/asp/dsp\\_pe\\_pegs\\_livro\\_manutencao.asp](http://www.ebape.fgv.br/academico/asp/dsp_pe_pegs_livro_manutencao.asp)

[http://www.sebraesp.com.br/principal/abrindo%20seu%20neg%C3%B3cio/produtos%20sebrae/artigos/listadeartigos/planejar\\_manutencao.aspx](http://www.sebraesp.com.br/principal/abrindo%20seu%20neg%C3%B3cio/produtos%20sebrae/artigos/listadeartigos/planejar_manutencao.aspx)

<http://www.csalgueiro.com.br/Artigos/manutencao.html>

<http://penta.ufrgs.br/~pavani/Artigos/Artigo002/artigo002.html>

<http://pt.wikipedia.org>

<http://www.apetega.org/ligazons/lig-fluidos.php>

<http://www.clubedohardware.com.br>

<http://www.digitalsistemas.hpg.ig.com.br/>

<http://www.festo.com.br>

<http://www.youtube.com>