



*Departamento Regional de São Paulo*

# *Automação*

*Escola SENAI™*

**MÓDULOS ESPECIAIS  
MECÂNICA**



# Apresentação

**N**este módulo você tem uma visão das diversas tecnologias relativas aos sistemas automatizados que são utilizados nas indústrias.

De forma bastante simplificada, abordamos elementos da automação que, aparentemente, parecem complexos e até mesmo assustadores, como robôs, máquinas CNC, sistemas CAD/CAM, inteligência artificial, realidade virtual etc. No entanto, você verá que são assuntos de fácil entendimento, exigindo, apenas, seu estudo com atenção.

Para favorecer uma aprendizagem rápida do conteúdo das aulas, o módulo se inicia com conceitos básicos da automação, como sistemas de acionamento, lógica digital, atuadores pneumáticos e hidráulicos, motores e sensores. Gradativamente, esses conceitos vão sendo ampliados e aprofundados para que você aprenda o que é essencial no uso da automação em processos de produção industrial.

Mais importante do que conhecer as tecnologias, é você saber como e onde utilizá-las, tendo em vista o processo de modernização das indústrias nacionais.

Ao final de cada unidade, você tem oportunidade de avaliar sua aprendizagem, fazendo os exercícios apresentados e conferindo suas respostas com as do **gabarito**, que se encontra no final do livro.

Boa sorte!

**Autores**

Francisco Carlos D'Emílio Borges  
Augusto Lins de Albuquerque Neto  
Sérgio Luiz Rabelo de Almeida  
Sílvio Luiz Martins de Oliveira

**Texto**

Nívia Gordo

**Colaboração**

Jóse Roberto Nunes do Espírito Santo

# Introdução à automação

## Um problema

Você já reparou que a automação faz parte do dia-a-dia do homem moderno? Pela manhã, o rádio-relógio automaticamente dispara o alarme para acordá-lo e começa a dar as notícias do dia. Nessa mesma hora, alguém esquento o pão para o café da manhã numa torradeira elétrica, ajustando o tempo de aquecimento. Na sala, uma criança liga o videocassete, que havia sido programado para gravar seu programa infantil predileto da semana anterior. Quando a casa esquento pela incidência dos raios solares, o ar condicionado insufla mais ar frio, mantendo a temperatura agradável.

Esses simples fatos evidenciam como a automação faz parte da vida cotidiana.

## Conceito

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

Automação é diferente de mecanização. A mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se regularem sozinhas.

## Desenvolvimento da automação

As primeiras iniciativas do homem para mecanizar atividades manuais ocorreram na pré-história. Invenções como a roda, o moinho movido por vento ou força animal e as rodas d'água demonstram a criatividade do homem para poupar esforço.

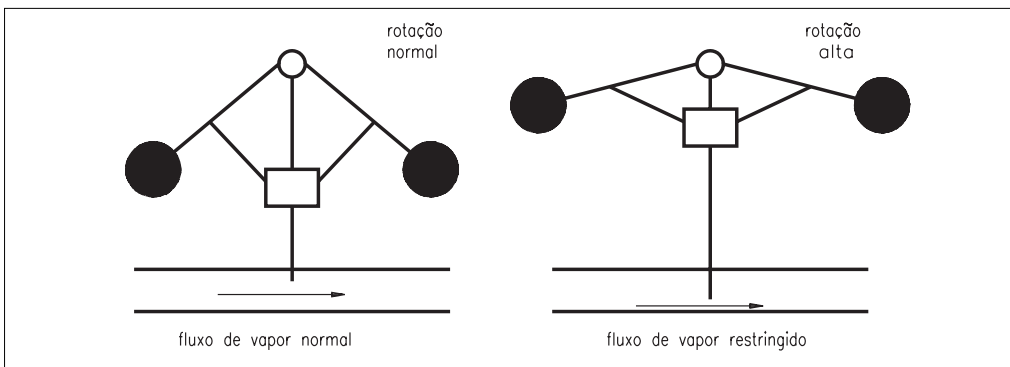
Porém, a automação só ganhou destaque na sociedade quando o sistema de produção agrário e artesanal transformou-se em industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, inicialmente na Inglaterra.

Os sistemas inteiramente automáticos surgiram no início do século XX. Entretanto, bem antes disso foram inventados dispositivos simples e semi-automáticos.

Devido à necessidade de aumentar a produção e a produtividade, surgiu uma série de inovações tecnológicas:

- máquinas modernas, capazes de produzir com maior precisão e rapidez em relação ao trabalho feito à mão;
- utilização de fontes alternativas de energia, como o vapor, inicialmente aplicado a máquinas em substituição às energias hidráulica e muscular.

Por volta de 1788, James Watt desenvolveu um mecanismo de regulação do fluxo de vapor em máquinas. Isto pode ser considerado um dos primeiros sistemas de controle com realimentação. O regulador consistia num eixo vertical com dois braços próximos ao topo, tendo em cada extremidade uma bola pesada. Com isso, a máquina funcionava de modo a se regular sozinha, automaticamente, por meio de um laço de realimentação.

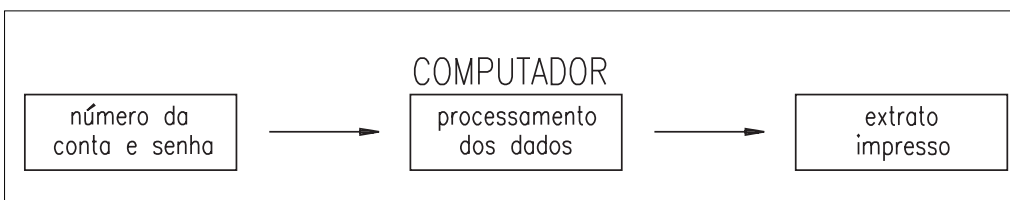


A partir de 1870, também a energia elétrica passou a ser utilizada e a estimular indústrias como a do aço, a química e a de máquinas-ferramenta. O setor de transportes progrediu bastante graças à expansão das estradas de ferro e à indústria naval.

No século XX, a tecnologia da automação passou a contar com computadores, servomecanismos e controladores programáveis.

Os computadores são o alicerce de toda a tecnologia da automação contemporânea. Encontramos exemplos de sua aplicação praticamente em todas as áreas do conhecimento e da atividade humana.

Por exemplo, ao entrarmos num banco para retirar um simples extrato somos obrigados a interagir com um computador. Passamos o cartão magnético, informamos nossa senha e em poucos segundos obtemos a movimentação bancária impressa.



A origem do computador está relacionada à necessidade de automatizar cálculos, evidenciada inicialmente no uso de ábacos pelos babilônios, entre 2000 e 3000 a.C.

O marco seguinte foi a invenção da régua de cálculo e, posteriormente, da máquina aritmética, que efetuava somas e subtrações por transmissões de engrenagens. George Boole desenvolveu a álgebra booleana, que contém os princípios binários, posteriormente aplicados às operações internas de computadores.

Em 1880, Herman Hollerith criou um novo método, baseado na utilização de cartões perfurados, para automatizar algumas tarefas de tabulação do censo norte-americano. Os resultados do censo, que antes demoravam mais de dez anos para serem tabulados, foram obtidos em apenas seis semanas! O êxito intensificou o uso desta máquina que, por sua vez, norteou a criação da máquina IBM, bastante parecida com o computador.

Em 1946, foi desenvolvido o primeiro computador de grande porte, completamente eletrônico. O Eniac, como foi chamado, ocupava mais de 180 m e pesava 30 toneladas. Funcionava com válvulas e relês que consumiam 150.000 watts de potência para realizar cerca de 5.000 cálculos aritméticos por segundo. Esta invenção caracterizou o que seria a **primeira geração de computadores**, que utilizava tecnologia de válvulas eletrônicas.

A segunda geração de computadores é marcada pelo uso de transistores (1952). Estes componentes não precisam se aquecer para funcionar, consomem menos energia e são mais confiáveis. Seu tamanho era cem vezes menor que o de uma válvula, permitindo que os computadores ocupassem muito menos espaço.

Com o desenvolvimento tecnológico, foi possível colocar milhares de transistores numa pastilha de silício de 1 cm, o que resultou no **circuito integrado** (CI). Os CIs deram origem à **terceira geração de computadores**, com redução significativa de tamanho e aumento da capacidade de processamento.

Em 1975, surgiram os circuitos integrados em escala muito grande (VLSI). Os chamados **chips** constituíram a **quarta geração de computadores**. Foram então criados os computadores pessoais, de tamanho reduzido e baixo custo de fabricação.

Para se ter idéia do nível de desenvolvimento desses computadores nos últimos quarenta anos, enquanto o Eniac fazia apenas 5 mil cálculos por segundo, um chip atual faz 50 milhões de cálculos no mesmo tempo.

Voltando a 1948, o americano John T. Parsons desenvolveu um método de emprego de cartões perfurados com informações para controlar os movimentos de uma máquina-ferramenta.

Demonstrado o invento, a Força Aérea patrocinou uma série de projetos de pesquisa, coordenados pelo laboratório de servomecanismos do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Poucos anos depois, o MIT desenvolveu um protótipo de uma fresadora com três eixos dotados de servomecanismos de posição.

A partir desta época, fabricantes de máquinas-ferramenta começaram a desenvolver projetos particulares.

Essa atividade deu origem ao **comando numérico**, que implementou uma forma programável de automação com processo controlado por números, letras ou símbolos.

Com esse equipamento, o MIT desenvolveu uma linguagem de programação que auxilia a entrada de comandos de trajetórias de ferramentas na máquina. Trata-se da linguagem APT (do inglês, *Automatically Programmed Tools*, ou “Ferramentas Programadas Automaticamente”).

Os robôs (do tcheco *robot*, que significa “escravo, trabalho forçado”) substituíram a mão-de-obra no transporte de materiais e em atividades perigosas. O robô programável foi projetado em 1954 pelo americano George Devol, que mais tarde fundou a fábrica de robôs Unimation. Poucos anos depois, a GM instalou robôs em sua linha de produção para soldagem de carrocerias.

Ainda nos anos 50, surge a idéia da **computação gráfica interativa**: forma de entrada de dados por meio de símbolos gráficos com respostas em tempo real. O MIT produziu figuras simples por meio da interface de tubo de raios catódicos (idêntico ao tubo de imagem de um televisor) com um computador. Em 1959, a GM começou a explorar a computação gráfica.

A década de 1960 foi o período mais crítico das pesquisas na área de computação gráfica interativa. Na época, o grande passo da pesquisa foi o desenvolvimento do sistema *sketchpad*, que tornou possível criar desenhos e alterações de objetos de maneira interativa, num tubo de raios catódicos.

No início dos anos 60, o termo **CAD** (do inglês *Computer Aided Design* ou “Projeto Auxiliado por Computador”) começou a ser utilizado para indicar os sistemas gráficos orientados para projetos.

Nos anos 70, as pesquisas desenvolvidas na década anterior começaram a dar frutos. Setores governamentais e industriais passaram a reconhecer a importância da computação gráfica como forma de aumentar a produtividade.

Na década de 1980, as pesquisas visaram à integração e/ou automatização dos diversos elementos de projeto e manufatura com o objetivo de criar a fábrica do futuro. O foco das pesquisas foi expandir os sistemas **CAD/CAM** (Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador). Desenvolveu-se também o modelamento geométrico tridimensional com mais aplicações de engenharia (**CAE** – Engenharia Auxiliada por Computador). Alguns exemplos dessas aplicações são a análise e simulação de mecanismos, o projeto e análise de injeção de moldes e a aplicação do método dos elementos finitos.

Hoje, os conceitos de integração total do ambiente produtivo com o uso dos sistemas de comunicação de dados e novas técnicas de gerenciamento estão se disseminando rapidamente. O **CIM** (Manufatura Integrada por Computador) já é uma realidade.



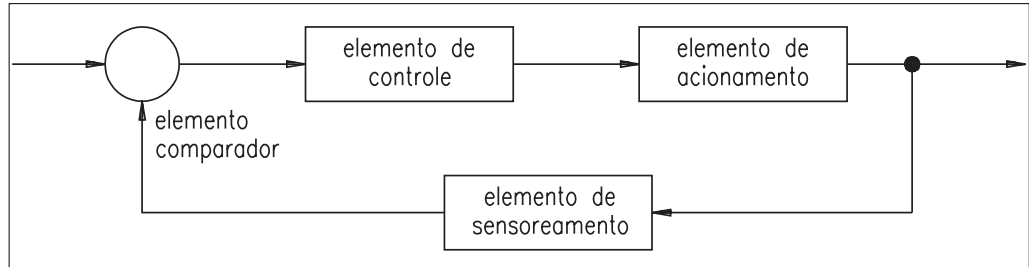
## Componentes da automação

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

Cada sistema de automação compõe-se de cinco elementos:

- **acionamento:** provê o sistema de energia para atingir determinado objetivo. É o caso dos motores elétricos, pistões hidráulicos etc.;
- **sensoriamento:** mede o desempenho do sistema de automação ou uma propriedade particular de algum de seus componentes. Exemplos: termopares para medição de temperatura e *encoders* para medição de velocidade;
- **controle:** utiliza a informação dos sensores para regular o acionamento. Por exemplo, para manter o nível de água num reservatório, usamos um controlador de fluxo que abre ou fecha uma válvula, de acordo com o consumo. Mesmo um robô requer um controlador, para acionar o motor elétrico que o movimenta;
- **comparador** ou **elemento de decisão:** compara os valores medidos com valores preestabelecidos e toma a decisão de quando atuar no sistema. Como exemplos, podemos citar os termostatos e os programas de computadores;
- **programas:** contêm informações de processo e permitem controlar as interações entre os diversos componentes.

**Programas:** também chamados *softwares*, são conjuntos de instruções lógicas, seqüencialmente organizadas. Indicam ao controlador ou ao computador o que fazer.



## Classificação

A automação pode ser classificada de acordo com suas diversas áreas de aplicação. Por exemplo: automação bancária, comercial, industrial, agrícola, de comunicações, transportes. A automação industrial pode ser desdobrada em automação de planejamento, de projeto, de produção. Essa automação pode ser classificada também quanto ao grau de flexibilidade.

A flexibilidade de um sistema de automação depende do tipo e da quantidade do produto desejado. Isto significa que quanto mais variados forem os produtos e menor a sua quantidade, mais flexível será o sistema de automação.

O quadro a seguir apresenta uma classificação de tipos de processo e de produção e respectivos sistemas de produção.



CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Processo de fluxo contínuo	Sistema de produção contínua de grandes quantidades de produto, normalmente pó ou líquido. Exemplo: refinarias e indústrias químicas.
Produção em massa (seriada)	Sistema de produção de um produto com pouca variação. Exemplo: automóveis e eletrodomésticos.
Produção em lotes	Sistema de produção de uma quantidade média de um produto que pode ser repetido periodicamente. Exemplo: livros e roupas.
Produção individualizada (ferramentaria)	Sistema de produção freqüente de cada tipo de produto, em pouca quantidade. Exemplo: protótipos, ferramentas e dispositivos.

## Aplicações da automação

Para fixar os conceitos até aqui explicados, damos a seguir o exemplo de um sistema automático de controle de fluxo de pessoas em academias de ginástica.

Este sistema tem um leitor óptico laser e um computador digital de alto desempenho. Quando um associado quer utilizar a academia, passa um cartão pessoal, com um código de barras, pelo leitor óptico (elemento sensor). O dado de entrada é convertido em sinais elétricos e enviado ao computador. O cliente é identificado (programa). Caso sua situação esteja em ordem (pagamento de mensalidades, exame médico etc.), o computador envia um sinal para liberação da catraca (elemento de acionamento) e em seguida registra a ocorrência num banco de dados, para consultas posteriores.

## Outras aplicações

O desenvolvimento de elementos sensores cada vez mais poderosos e o baixo custo do hardware computacional vêm possibilitando aplicar a automação numa vasta gama de equipamentos e sistemas. Por exemplo:

### Produtos de consumo

- Eletroeletrônicos, como videocassetes, televisores e microcomputadores.
- Carros com sistemas de injeção microprocessada, que aumentam o desempenho e reduzem o consumo de combustível.

### Indústrias mecânicas

- Robôs controlados por computador.
- CAD/CAM, que integra ambientes de projeto e manufatura.
- CNC.

### Bancos

- Caixas automáticos.

### **Comunicações**

- Chaveamento de chamadas telefônicas.
- Comunicações via satélite.
- Telefonia celular.
- Correios.

### **Transportes**

- Controle de tráfego de veículos.
- Sistemas de radar.
- Pilotos automáticos.
- Sistemas automáticos de segurança.

### **Medicina**

- Diagnóstico e exames.

## **O impacto da automação na sociedade**

O processo de automação em diversos setores da atividade humana trouxe uma série de benefícios à sociedade.

A automação geralmente reduz custos e aumenta a produtividade do trabalho. Este aumento possibilita mais tempo livre e melhor salário para a maioria dos trabalhadores.

Além disso, a automação pode livrar os trabalhadores de atividades monótonas, repetitivas ou mesmo perigosas. O esquadrão antibomba da polícia americana, por exemplo, dispõe de robôs para detectar e desarmar bombas e reduzir riscos de acidentes com explosões inesperadas.

Apesar dos benefícios, o aumento da automação vem causando também sérios problemas para os trabalhadores:

- aumento do nível de desemprego, principalmente nas áreas em que atuam profissionais de baixo nível de qualificação;
- a experiência de um trabalhador se torna rapidamente obsoleta;
- muitos empregos que eram importantes estão se extinguindo: é o que vem ocorrendo com as telefonistas, perfeitamente substituíveis por centrais de telefonia automáticas;
- aumento das ausências no trabalho, falta de coleguismo, alcoolismo ou consumo de drogas, que alteram o comportamento dos indivíduos no ambiente de trabalho. De certa forma, esse processo de alienação deriva do sentimento de submissão do trabalhador à máquina, da falta de desafios.

Esses problemas, no entanto, podem ser solucionados com programas contínuos de aprendizagem e reciclagem de trabalhadores para novas funções. Além disso, as indústrias de computadores, máquinas automatizadas e serviços vêm criando um número de empregos igual ou superior àqueles que foram eliminados no setor produtivo.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

A automação permite substituir a mão-de-obra humana por:

- a) ( ) máquinas;
- b) ( ) animais;
- c) ( ) energia;
- d) ( ) escravos.

### Exercício 2

Um dos motivos que levam as empresas a automatizarem seus processos é:

- a) ( ) reduzir a qualidade;
- b) ( ) aumentar os custos de operação;
- c) ( ) reduzir a produtividade;
- d) ( ) satisfazer o cliente.

### Exercício 3

A sigla CAD significa:

- a) ( ) desempenho auxiliado por computador;
- b) ( ) projeto auxiliado por computador;
- c) ( ) manufatura auxiliada por computador;
- d) ( ) desenho auxiliado pela prancheta.

### Exercício 4

A primeira tecnologia utilizada na construção de computadores foi:

- a) ( ) inversores;
- b) ( ) circuitos integrados;
- c) ( ) válvulas;
- d) ( ) transistores.

## Exercícios



# Ciclo de um produto

## Um problema

Você já percebeu, ao andar pelos corredores de um supermercado, a infinidade de produtos industrializados? Desde alimentos a produtos de limpeza e eletrodomésticos, são incontáveis as marcas, os tamanhos, os fabricantes, as cores, as funções etc.

Como esses produtos chegam ao supermercado para que possamos comprá-los? Como o fabricante descobriu que havia necessidade exatamente daquele produto? De que forma ele foi fabricado? E o seu custo?

Esta aula visa mostrar como se desenvolve um produto, desde sua concepção até a colocação no mercado, e também de que modo as tecnologias de automação podem ser utilizadas.

## Introdução

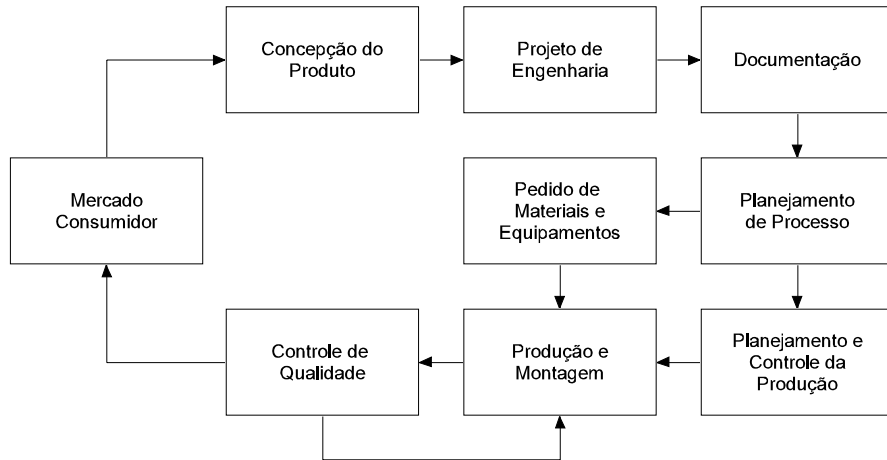
O progresso da automação, conforme foi visto na aula anterior, tem melhorado sensivelmente o padrão de vida da população, principalmente devido ao aumento dos níveis de produtividade do trabalho.

Junto com as inovações tecnológicas, ocorreram nas últimas décadas modificações na relação da empresa com o mercado consumidor. Hoje, uma televisão custa bem menos do que há uma década, mesmo acrescida de todos os recursos tecnológicos (controle remoto, por exemplo). E ainda pode ser encontrada em diferentes modelos e tamanhos. Seus fabricantes, antes restritos aos países de origem, hoje competem em nível mundial. Da mesma forma, muitos produtos que eram fabricados em grandes lotes, hoje se adaptam ao tamanho do mercado.

## Ciclo do produto

A figura a seguir ilustra o ciclo de desenvolvimento de um produto, ressaltando as atividades principais.

CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO



Analisaremos cada etapa desse ciclo isoladamente.

## Projeto

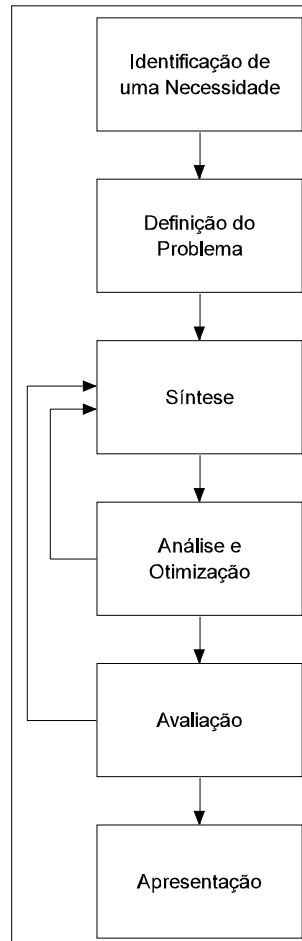
Suponha que você queira montar seu próprio negócio no ramo industrial e tenha capital para isso. Quais seriam os passos necessários?

Primeiro é preciso pensar no produto que a empresa vai vender. Qual é o produto? Como ele deve ser? Quanto vai custar? A quem deve atender? Como deve funcionar?

Muitos pesquisadores analisaram estas questões e, a partir delas, definiram um esquema geral que corresponde a um **projeto**.

Um projeto pode ser entendido como um conjunto de decisões que solucionam um dado problema ou atendem a uma necessidade.

Um projeto pode ser caracterizado pelas etapas apresentadas num fluxograma, conforme o modelo ao lado.



## Reconhecimento

Reconhecer o que é necessário requer observação do meio em que se vive. O telefone, por exemplo, surgiu como resposta à necessidade das pessoas de se comunicarem a distância. Um copo, por sua vez, atende à necessidade de conter e reservar líquidos.

A necessidade nem sempre é evidente, mas pode ser identificada por certos aspectos. Por exemplo, a necessidade de fazer alguma coisa a respeito de uma máquina de lavar roupa pode ser indicada pelo nível de ruído da máquina, pela qualidade da roupa lavada ou pelo consumo exagerado de energia.

Por outro lado, reconhece-se facilmente uma necessidade depois que alguém a expõe. Assim, atualmente tornou-se importante adotar medidas de proteção da camada de ozônio, melhorar os transportes coletivos nas grandes cidades e reduzir a poluição do ar e da água, a fim de melhorar a qualidade de vida.

## Identificação

Identificar a necessidade e a definição do problema são coisas diferentes. A definição do problema é bem mais específica. Por exemplo, se a necessidade a ser atendida é melhorar o sistema de transportes coletivos, a definição do problema pode ser aumentar a quantidade de ônibus, investir no metrô ou mesmo construir corredores especiais para ônibus.

A definição do problema deve incluir todas as especificações para o objeto que se deseja projetar. As especificações indicam os elementos de entrada, as respostas, as características e as dimensões que o objeto deve ter, o espaço ocupado e todas as limitações dessas quantidades.

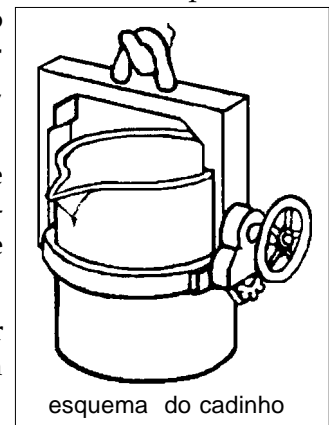
A definição do problema deve levar em conta os aspectos básicos de projeto. Por exemplo, se estamos projetando uma estrutura metálica, a resistência de um elemento é um aspecto importante na determinação da geometria e das dimensões desse elemento. Já no projeto de um copo plástico, o formato geométrico deve favorecer boas condições de execução do projeto.

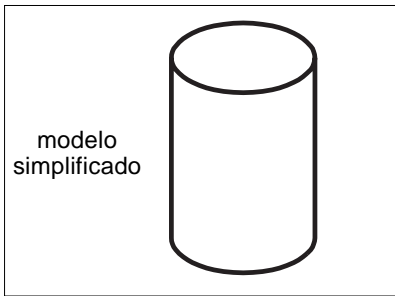
## Síntese e análise

Depois de definir e especificar o problema, o próximo passo do projeto é identificar meios para a sua solução. Nesta fase, deve-se analisar todas as alternativas de solução com base em critérios preestabelecidos. Após definir a melhor forma de solução, faz-se um modelo do objeto a ser executado. Ou seja, primeiro deve-se fazer a análise das possíveis soluções e, depois, a síntese, ou seja, o projeto ou o modelo.

Espera-se encontrar um modelo semelhante ao sistema físico real. Criando-se um modelo matemático, simplifica-se o sistema físico de modo que ele possa ser analisado.

A simplificação de um modelo pode ser melhor entendida no exemplo da figura ao lado, que mostra um cadinho contendo ferro em estado fundente.





Podemos determinar a massa aproximada do líquido, simplificando sua geometria original em um cilindro.

## Avaliação

A avaliação consta de uma prova final, que visa verificar se um projeto está satisfatório. Normalmente, a avaliação envolve o teste de um protótipo em laboratório. O objetivo é verificar se o projeto satisfaz realmente às necessidades estabelecidas. Algumas perguntas devem ser respondidas: O produto é confiável? Sua fabricação é econômica? A manutenção é simples? O produto é fácil de regular?

Um passo final e necessário no processo do projeto é apresentá-lo a outras pessoas. A humanidade teria perdido muitos grandes projetos, invenções e trabalhos criativos se os seus criadores não tivessem sido capazes de explicá-los a outros. As obras de Bach, por exemplo, não teriam chegado até nós se ele não as tivesse escrito e divulgado. Um projeto de engenharia bem documentado compreende: desenhos de fabricação e de conjunto, lista de materiais e normas para controle de qualidade.

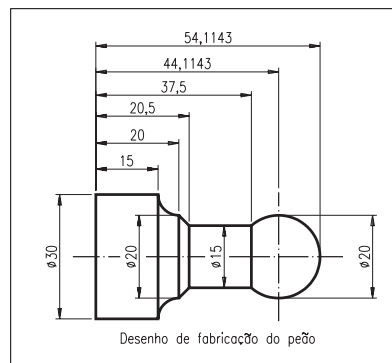
## Resumindo:

A identificação de uma necessidade relaciona-se com a identificação de um problema que requer solução.

O problema definido orienta o projeto, nos seguintes aspectos: especificações técnicas (funcionais e operacionais), plano de investimentos, padrões de qualidade, custos etc. A partir desses dados, procedemos a uma análise das possíveis soluções até que se obtenha a que melhor satisfaça a critérios predeterminados. A avaliação consta de testes do produto, que permitam verificar seu desempenho. Por último, elaboram-se os desenhos detalhados de fabricação de todos os componentes.

## Fabricação da peça

Vamos supor que temos o projeto de um peão para jogo de xadrez, e o desenho de fabricação correspondente, conforme a figura ao lado. Nosso objetivo agora é fabricar o peão. Vejamos as etapas básicas da fabricação.



## Planejamento

A primeira tarefa consiste em planejar o processo de fabricação do peão. Vamos selecionar e definir em detalhes os processos a serem executados numa peça, de acordo com as suas especificações.

O planejamento de processo pode ser definido como o ato de preparar instruções de operação detalhadas para transformar um desenho de engenharia em produto final.

Dessa forma, a fabricação do produto passa pelas seguintes etapas:

- determinação do método, dispositivo de fixação e equipamento, levando-se em conta as padronizações existentes;
- determinação da seqüência das modalidades de processo (torneamento, fresamento, furação etc.) e das respectivas operações (faceamento, torneamento cilíndrico etc.);
- seleção das ferramentas aplicáveis;
- seleção das condições de processo, velocidade de corte, avanço, profundidade etc.

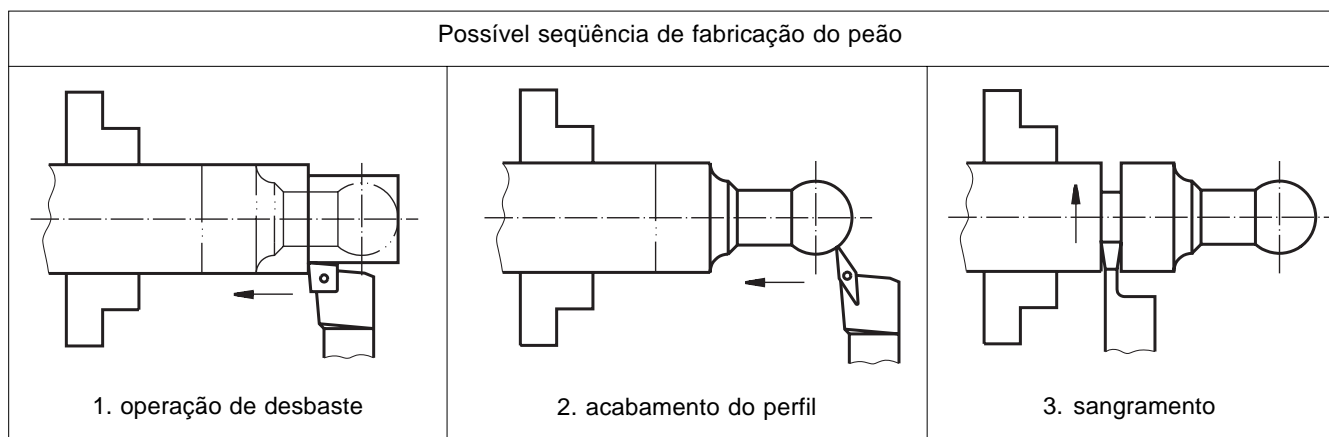
Adaptando estes itens ao projeto do peão, obtemos a seguinte tabela:

EQUIPAMENTO: TORNO			
DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO: PLACA DE TRÊS CASTANHAS - MATERIAL: AÇO ABNT 1045			
SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES	FERRAMENTAS	CONDIÇÕES DE USINAGEM	
1. Torneamento de desbaste	Desbaste	$V_c = 150 \text{ m/min}$	$f = 0,6 \text{ mm/rotação}$
2. Acabamento do perfil	Acabamento	$V_c = 250 \text{ m/min}$	$f = 0,05 \text{ mm/rotação}$
3. Sangramento	Bedame	$V_c = 100 \text{ m/min}$	$f = 0,4 \text{ mm/rotação}$

Dados de planejamento de processo para o peão:

$V_c$  é a velocidade de corte e  $f$  é o avanço de corte.

A figura a seguir ilustra cada operação com suas respectivas ferramentas.



O conjunto das decisões tomadas em cada uma das etapas anteriores não é único. Por exemplo, se mudarmos a velocidade de corte da operação nº 1, de  $150 \text{ m/min}$  para  $180 \text{ m/min}$ , estaríamos com outra solução. As soluções devem basear-se em critérios que otimizem medidas de custo ou tempo de fabricação.

O resultado do planejamento do processo é um plano também conhecido como roteiro ou folha de processo. Ele orienta, detalhadamente, como fabricar determinado componente.



Não é só o setor de produção que necessita das informações contidas nas folhas de processo. Por exemplo, para o Planejamento e Controle da Produção é necessária a seqüência de operações e respectivos tempos das operações para definir o nível de utilização dos equipamentos e a capacidade da empresa para atender a um pedido de cliente. Na contabilidade de custos, o plano de processos facilita uma estimativa dos custos de fabricação de um componente, ainda na fase de projeto, permitindo comparar soluções tecnicamente viáveis.

### **Planejamento e pedido de material**

De posse da lista de material feita pelo projetista, o encarregado do processamento verifica se todo o material está disponível em estoque e, se for o caso, compra os itens que faltam.

### **Programação e controle da produção (PCP)**

A produção de um componente deve ser programada segundo a capacidade produtiva, levando-se em conta a disponibilidade de material, os dispositivos de fixação, ferramentas, mão-de-obra etc.

### **Manufatura e montagem**

A peça é trabalhada em máquinas específicas que implementam o processo de fabricação. No caso do peão, utilizaríamos um torno de comando numérico, dotado de uma placa de três castanhas.

### **Controle de qualidade**

Ao final de cada etapa de fabricação, as peças devem ser inspecionadas para se verificar se atendem às especificações técnicas do projeto, escritas na documentação do projeto. Para isso, podem ser empregados instrumentos de medição.

### **Entrega ao cliente**

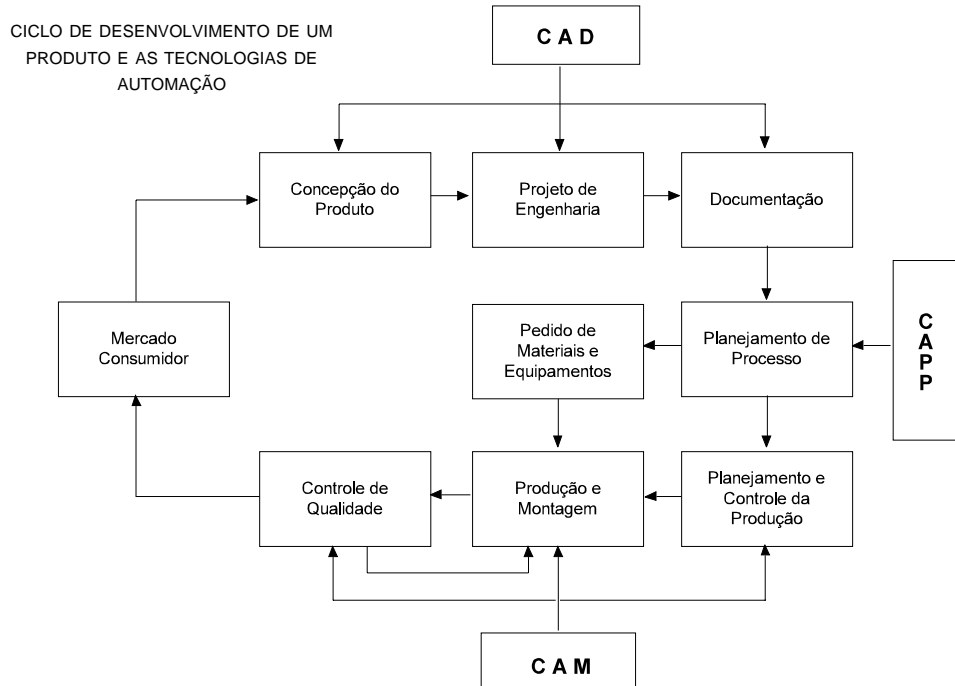
O produto é embalado e entregue ao cliente.

## **Impacto das tecnologias de automação no ciclo do produto**

Não é exagero dizer que em cada etapa seria possível inserir alguma tecnologia de automação. Com exceção das etapas do projeto que exigem criatividade, as demais etapas podem ser automatizadas.

Desde o início, tudo pode ser automatizado. Basta que as ferramentas do projeto auxiliado por computador (CAD) abranjam as etapas de concepção e projeto propriamente dito. Planejam-se o projeto e o processo com auxílio do computador (CAPP), fabricam-se as peças em máquinas controladas numericamente, com programação feita por meio de ferramentas CAM: manufatura auxiliada por computador.

Os sistemas computacionais tornaram-se ferramentas indispensáveis à aplicação de técnicas modernas de produtividade nas atividades de projeto e na fabricação. É importante que as empresas e seu pessoal conheçam bem as ferramentas de automação, principalmente quando os lotes que serão produzidos forem pequenos, pois neste caso os custos relativos ao projeto e planejamento são proporcionalmente maiores. Mesmo as atividades de controle de qualidade e os testes podem ser automatizados.



O objetivo final é obter um ciclo cada vez mais rápido, reduzindo-se o tempo de produção do produto. Alcançando-se esta meta, pode-se aumentar a produtividade e reduzir custos.

Mas tudo tem um início... Todas as tecnologias que hoje se disseminam na sociedade têm seus alicerces em conceitos fundamentais de eletricidade e eletrônica.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

## Exercícios

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

A primeira etapa de um projeto é:

- a) ( ) otimização;
- b) ( ) definição do problema;
- c) ( ) síntese;
- d) ( ) reconhecimento da necessidade.

### Exercício 2

Por síntese, entende-se:

- a) ( ) otimização de processos;
- b) ( ) análise de resultados;
- c) ( ) geração de soluções;
- d) ( ) estabelecimento de necessidade.

### Exercício 3

Escreva o significado das siglas abaixo:

CAD: .....

CAM: .....

CAPP: .....

# Eletricidade e automação

## Um problema

O operário desperta com o toque do rádio-relógio. Levanta, acende a luz. Toma um banho quente. Prepara seu lanche com auxílio da torradeira elétrica.

Sai de casa, pega um trólebus. Chega à fábrica, marca o ponto na máquina leitora de cartões magnéticos. Dirige-se ao posto de trabalho e lá está o torno CNC dando os últimos retoques numa peça.

Alguma coisa ajuda a vida do operário desde que ele acorda. É a eletricidade.

Você já imaginou o mundo sem eletricidade? Não existiria nenhum dos equipamentos de que o operário precisou. Nem o rádio, nem a televisão. Tampouco existiriam as máquinas comandadas por computador e robôs. Certamente, sem a eletricidade a automação não teria alcançado o estágio de desenvolvimento que possui hoje.

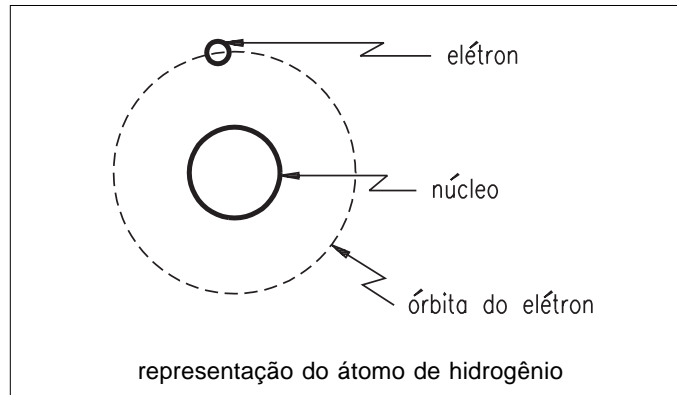
Para poder imaginar um mundo sem eletricidade, temos de regredir mais de cem anos. Foi somente no último quarto do século passado que os primeiros geradores de eletricidade, os dínamos, foram aperfeiçoados de modo a se tornarem fontes de suprimento. Em 1875, um desses geradores foi implantado em Paris (França), para fornecer eletricidade às lâmpadas de uma estação.

Mas o que é a eletricidade?

Esta é uma questão em parte já respondida na Aula 1 deste módulo, quando tratamos da automação de forma mais genérica. Nesta aula vamos abordar conceitos técnicos, que são fundamentais para a aplicação da automação.

## Eletricidade

Eletricidade é uma manifestação de uma forma de energia associada a cargas elétricas, paradas ou em movimento. O que possui cargas elétricas são os elétrons, partículas minúsculas que giram em volta do núcleo dos átomos que formam as substâncias. A figura a seguir representa um átomo de hidrogênio.



Na Grécia antiga, já se conhecia a propriedade do âmbar de atrair partículas de pó ao ser esfregado em outro material. O âmbar é uma resina amarela, semitransparente e quebradiça, e na língua grega é chamada de *elektron*. Talvez tenha saído daí o nome da eletricidade.

Ocorre que certos materiais perdem cargas elétricas quando atritados com outros (ou, dependendo do material atritado, ganham cargas elétricas em vez de perdê-las).

Quando ganham, dizemos que ficam carregados negativamente, pois convencionou-se dizer que os elétrons possuem cargas negativas. Quando perdem elétrons, ficam carregados positivamente. Estando eletricamente carregado, o material é capaz de atrair corpos eletricamente neutros e cargas com sinais opostos.

Este fato pode ser verificado facilmente. Por exemplo, um pente depois de ser atritado várias vezes contra o cabelo atrai pedaços pequenos de papel picado.

Esta forma de eletricidade chama-se eletrostática.

### Tensão, corrente e resistência elétricas

No ano 1800, o italiano Alessandro Volta inventou a pilha elétrica. Ele observou que dois metais diferentes, em contato com as pernas de uma rã morta, fizeram a perna da rã se movimentar. Volta concluiu acertadamente que o movimento da perna da rã devia-se à passagem de elétrons, a que ele denominou corrente elétrica.

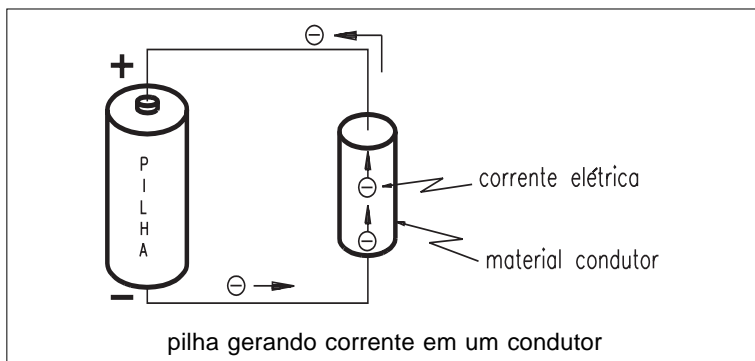
Mais tarde, Volta descobriu que os elétrons se movimentavam de um metal para outro, através da perna da rã, impulsionados por uma diferença de cargas elétricas entre os metais. Essa diferença, capaz de provocar o movimento ordenado dos elétrons de um metal para outro, é chamada hoje de **tensão elétrica** ou diferença de potencial elétrico. A unidade de medida de tensão elétrica é o volt, em homenagem a Alessandro Volta.

A pilha de Volta, ou pilha voltaica, ou qualquer gerador de tensão elétrica são capazes de manter entre seus pólos uma diferença de potencial. Há o pólo positivo, que tem menos elétrons e o negativo, que tem mais elétrons.

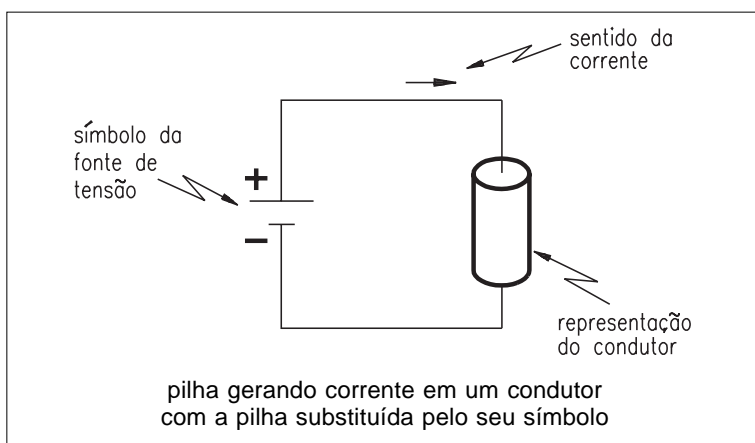
Um material condutor (como o fio de cobre, no qual os elétrons se movimentam de um átomo a outro com mais facilidade) quando é ligado entre os dois pólos

**Tensão elétrica:** diferença de potencial elétrico entre dois pontos, capaz de gerar movimento ordenado dos elétrons entre um ponto e outro.

do gerador permite a passagem de corrente elétrica no sentido do negativo para o positivo. O corpo que tem menos elétrons tende a atrair os elétrons do corpo que tem mais.



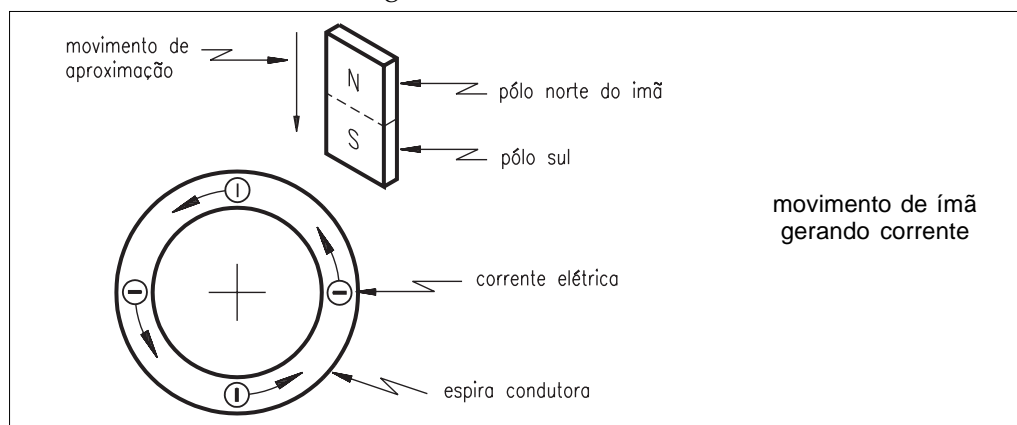
As figuras representam um circuito elétrico. Qualquer caminho fechado por onde possa passar a corrente elétrica forma um circuito elétrico. O circuito também pode ser desenhado com símbolos:



A corrente elétrica provocada por uma pilha é chamada **corrente contínua**, pois sempre percorre o circuito no mesmo sentido. Assim também é a corrente gerada pelas baterias dos automóveis.

As máquinas utilizadas na automação necessitam de corrente contínua para movimentar certos tipos de motores e grande parte dos componentes eletrônicos.

Em 1831, Michael Faraday observou que ímãs em movimento dentro de circuitos fechados dão origem à corrente elétrica.

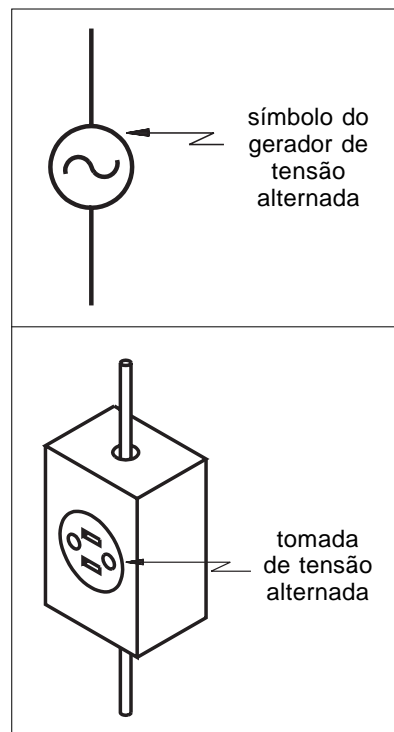


**Corrente contínua:** movimento ordenado de cargas elétricas, sempre no mesmo sentido, do pólo negativo de uma fonte para o pólo positivo. Sua unidade de medida é o ampère.

Outra coisa que Faraday percebeu, usando instrumentos sensíveis ao movimento dos elétrons, foi que, afastando-se o ímã do circuito, o sentido da corrente mudava. Assim, com movimentos de aproximação e afastamento do ímã, produziu-se pela primeira vez uma corrente elétrica que mudava de sentido. Isto recebeu o nome de **corrente alternada**.

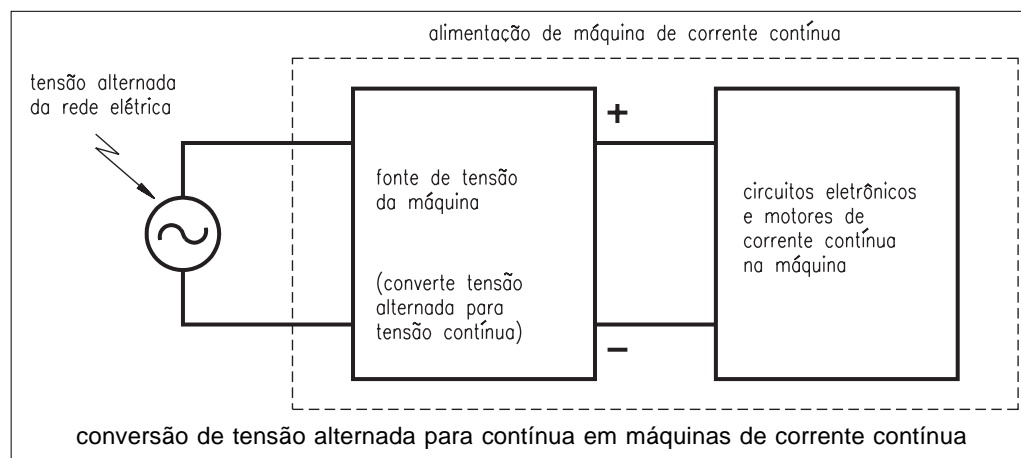
**Corrente alternada:**  
movimento ordenado de cargas elétricas, porém com sentido que muda de um instante para outro. A frequência com que a corrente alternada muda de sentido depende do tipo de gerador utilizado.

As usinas geradoras de energia elétrica produzem tensão e corrente alternadas. O símbolo de um gerador de tensão alternada é mostrado na figura ao lado. Este é o tipo de tensão que encontramos nas tomadas de nossas residências e fábricas.



Observe que não existe definição de qual seja o pólo positivo ou negativo. O que de fato ocorre é que a polaridade da tensão alternada se inverte várias vezes a cada segundo. No Brasil, graças à velocidade com que giram as turbinas das nossas hidrelétricas, a polaridade da tensão alternada se inverte 60 vezes a cada segundo.

As máquinas que necessitam de corrente contínua devem possuir um dispositivo capaz de converter a tensão alternada recebida da rede elétrica para a tensão contínua necessária, num esquema como o da figura a seguir.



Para distribuir a eletricidade, foram inicialmente utilizados condutores de ferro, depois substituídos pelos de cobre, melhor condutor elétrico.

Elétrons em movimento chocam-se com os átomos do material condutor. Isto dificulta a corrente elétrica. A esta oposição à passagem de corrente elétrica

dá-se o nome de **resistência elétrica**, e seu símbolo é mostrado na figura a seguir. Sua unidade de medida é o ohm.



## Potência elétrica

A eletricidade, convertida em outra forma de energia, pode ser utilizada em diversas situações comuns. É o caso, por exemplo, da resistência de um chuveiro, que aquece a água que passa pela resistência elétrica. Dizemos que o chuveiro converte energia elétrica em energia térmica.

Os motores elétricos, quando recebem tensão, giram seu eixo. Dizemos que os motores convertem energia elétrica em energia mecânica, possibilitando que outros corpos sejam movimentados por meio do giro de seu eixo.

Os gases das lâmpadas fluorescentes emitem luz ao serem percorridos pela corrente elétrica. Dizemos que as lâmpadas convertem energia elétrica em energia luminosa.

Você mesmo é capaz de observar várias situações em que a energia elétrica é convertida em outra forma de energia, a fim de gerar alguma coisa útil à sociedade.

A quantidade de energia que um sistema elétrico é capaz de fornecer depende da tensão e da corrente do sistema elétrico. Mais precisamente, chamamos de potência elétrica, cujo símbolo é a letra  $P$ , a capacidade de fornecimento de energia num certo intervalo de tempo.

A unidade de medida da **potência elétrica** é o watt, em homenagem ao inventor de motores, o escocês James Watt (1736-1819).

## Problemas energéticos atuais

Atualmente, o desenvolvimento de qualquer nação está associado à produção de energia elétrica. As nações andam preocupadas com o elevado consumo de energia elétrica. A construção de usinas hidrelétricas, principal fonte de energia elétrica em diversos países, como o Brasil, requer altos investimentos. As obras de uma usina, além de caras, produzem alterações irreversíveis no meio ambiente, tais como mudança no curso de rios, inundação de florestas, mudanças climáticas e desapropriações. Por isso, economizar energia é um dever de todo cidadão. E nós podemos fazer isso em casa e na fábrica.

Em casa, ligando apenas o necessário, nas horas certas. Ligar apenas e somente o necessário é um hábito que podemos levar para o trabalho.

Nas fábricas, os técnicos já se preocupam em especificar máquinas que sejam mais eficientes, isto é, que executem mais trabalho com menor consumo de energia.

**Potência elétrica:** capacidade de fornecimento de energia elétrica num intervalo de tempo. Para o sistema que recebe a energia elétrica e a converte em outra forma de energia, a potência elétrica representa a capacidade de absorção e conversão de energia num dado intervalo de tempo.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

## Exercícios

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

Eletricidade é uma manifestação de uma forma de energia associada ao movimento ordenado dos:

- a) ( ) planetas;
- b) ( ) elétrons;
- c) ( ) prótons;
- d) ( ) núcleos atômicos.

### Exercício 2

O pólo negativo de uma fonte de tensão elétrica é assim chamado porque, comparado ao seu pólo positivo, ele possui:

- a) ( ) menos elétrons;
- b) ( ) a mesma quantidade de elétrons;
- c) ( ) mais elétrons;
- d) ( ) mais corrente.

### Exercício 3

Em um circuito elétrico, a corrente é contínua quando os elétrons movimentam-se sempre:

- a) ( ) no mesmo sentido;
- b) ( ) mudando de sentido;
- c) ( ) da direita para a esquerda;
- d) ( ) em estrutura cristalina.

### Exercício 4

Associe a primeira coluna à segunda coluna:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| a) Tensão elétrica      | 1. ( ) Oposição à passagem de corrente elétrica.                         |
| b) Corrente elétrica    | 2. ( ) Diferença de potencial elétrico capaz de gerar corrente elétrica. |
| c) Resistência elétrica | 3. ( ) Energia elétrica desenvolvida num intervalo de tempo.             |
| d) Potência elétrica    | 4. ( ) Movimento ordenado dos elétrons.                                  |





# Eletricidade: acionamento de motores elétricos

Como se pode converter energia elétrica em energia mecânica? Considere a situação descrita a seguir.

Tic-tac, blamp-blump, zuuummmm... São as máquinas em movimento.

É o movimento automatizado das máquinas que substitui na prática o trabalho humano.

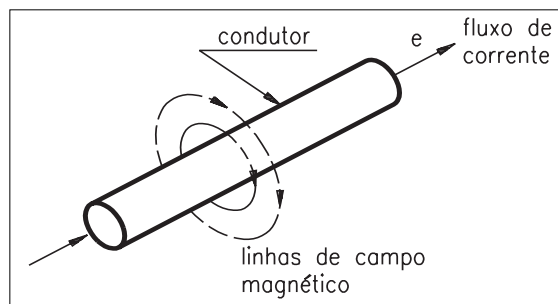
Vamos examinar o trabalho mecânico das máquinas. Quando as lâminas de um liquidificador giram para triturar uma fruta, ou quando um robô ergue uma peça, podemos dizer que essas máquinas estão desenvolvendo sua capacidade de trabalho mecânico, isto é, sua energia mecânica. Mas energia é alguma coisa muito séria para ser produzida por uma máquina.

Em geral, as máquinas não produzem energia. Elas apenas convertem a energia que recebem em outra forma de energia. As máquinas elétricas convertem energia elétrica em energia mecânica para poderem trabalhar. Pode reparar: o liquidificador tem lá um motorzinho que gira quando ligado na tomada, o robô tem motores elétricos que são acionados para movimentar mecanismos que erguem, giram, agarram e soltam. E outras máquinas também possuem motores elétricos que são os responsáveis pela conversão da energia elétrica em energia mecânica.

Nesta aula, vamos estudar o princípio de funcionamento dos motores elétricos, tão importantes para a automação de equipamentos e processos de fabricação quanto os motores a combustão para os automóveis. Sem eles, simplesmente não haveria automação. Apresentaremos também alguns dos modelos de motores elétricos existentes, destacando suas diferenças e aplicações.

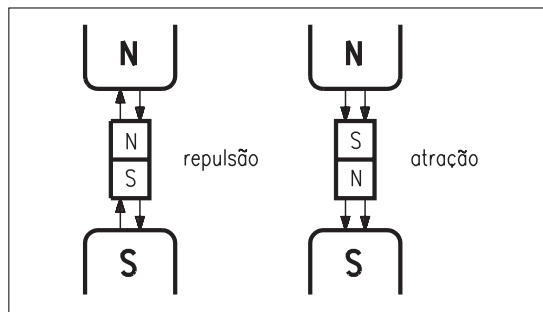
## Princípio de funcionamento

O funcionamento dos motores se baseia num princípio físico relativo ao campo magnético gerado ao redor de um condutor quando percorrido por uma corrente elétrica.



Um problema

Campos magnéticos de mesma polaridade se repelem e campos magnéticos de polaridade diferente se atraem.

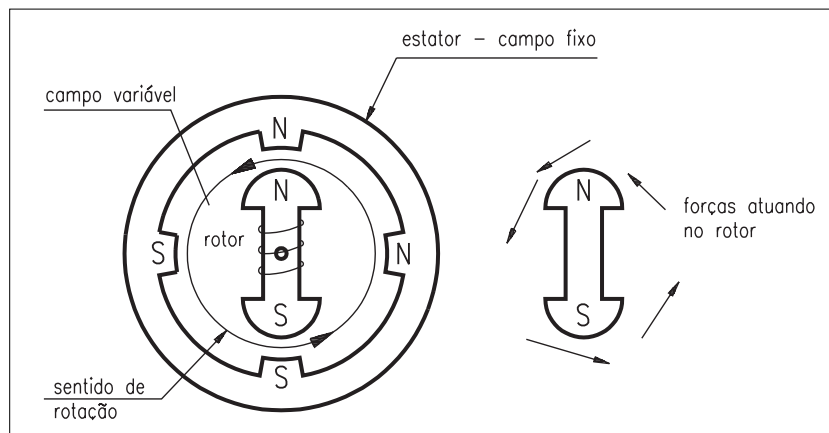


A finalidade de um motor elétrico é gerar movimento. Assim, sua construção deve prever peças móveis que se movimentem de acordo com o campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre os condutores do motor.

Os elementos básicos de um motor são:

**Estator** – pelo nome, podemos deduzir que se trata de uma parte fixa. Nesta parte do motor normalmente existem campos magnéticos fixos, criados por ímãs permanentes ou eletroímã.

**Rotor** – é uma parte móvel do motor, ligada ao eixo de transmissão de movimento. Nesta parte do motor normalmente existem bobinas, percorridas por correntes elétricas que geram campos magnéticos. Em função da polaridade, os campos magnéticos submetem o rotor a forças de atração e repulsão, produzindo o movimento giratório do rotor.



**Coletor ou comutador** – esta parte do motor liga as bobinas à rede elétrica, de modo que o rotor se movimenta sem curtos-circuitos nos fios ligados à rede elétrica.

**Bobinas** – são enrolamentos de condutores percorridos por corrente elétrica. Devido ao fluxo de elétrons, os enrolamentos ficam submetidos a um campo magnético que interage com o campo magnético do estator, gerando o movimento desejado.

**Escovas** – são contatos do comutador.

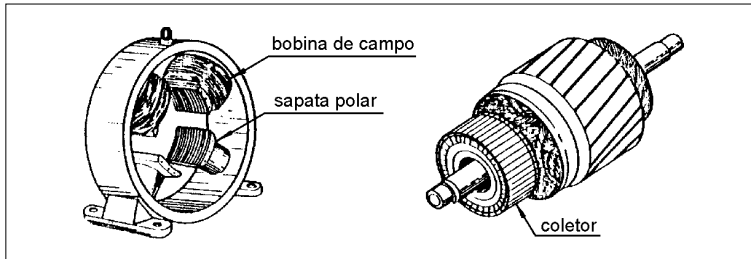
Em resumo, o magnetismo de ímãs em movimento gera corrente elétrica em circuitos fechados ou bobinas de condutores. Também ocorre o efeito contrário: corrente elétrica num condutor gera magnetismo ao seu redor, formando um **campo magnético**.

**Campo magnético:** espaço localizado ao redor de um ímã ou de um fio percorrido por corrente elétrica, e no qual ocorrem fenômenos magnéticos de atração e repulsão entre corpos.

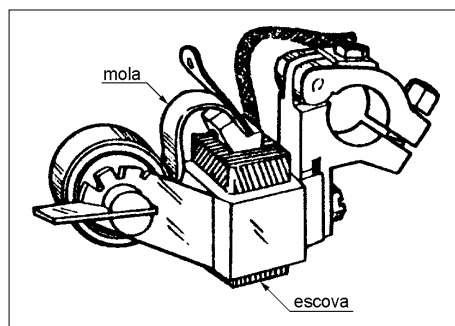
Os motores são construídos para que se possa aproveitar os efeitos magnéticos da corrente elétrica.

### Motores de corrente contínua

Como você pode ver na figura a seguir, o motor de corrente contínua é constituído de uma parte fixa e outra móvel.



A parte fixa, que chamamos de estator, possui peças fixas (sapatas polares) em torno das quais se enrolam fios de cobre, formando bobinas. Com a passagem da corrente contínua, criam-se pólos magnéticos ao redor das peças polares, que substituem os ímãs apresentados na segunda figura do tópico **Princípio de funcionamento**. Duas escovas de grafita também ficam presas ao estator e recebem os pólos da tensão elétrica contínua que alimenta o motor.



A parte móvel, chamada rotor, pode girar em torno do estator, pois as bobinas do estator são percorridas por uma corrente elétrica que chega até elas pelo comutador.

O fio movimenta-se ao ser atravessado pela corrente e faz girar o rotor. Isso acontece devido ao magnetismo dos campos permanentes do estator, que exercem uma **força magnética** sobre os elétrons em movimento no interior do condutor, tentando modificar suas trajetórias; o sentido da força depende do sentido da corrente.

Ao girar, o fio perde o contato com as escovas ligadas ao comutador. Entretanto, este movimento logo coloca um novo par de terminais de fio em contato com as escovas, e o rotor continua em movimento.

O comutador funciona como uma combinação automática de chaves que mantém a corrente sempre no mesmo sentido no condutor. Para inverter o sentido de rotação do motor basta inverter a polaridade da tensão elétrica aplicada às escovas.

Motores de corrente contínua podem movimentar cargas pesadas, desde que possuam uma construção resistente. São empregados em guindastes, elevadores, locomotivas, prensas, estamparias e máquinas-ferramenta.

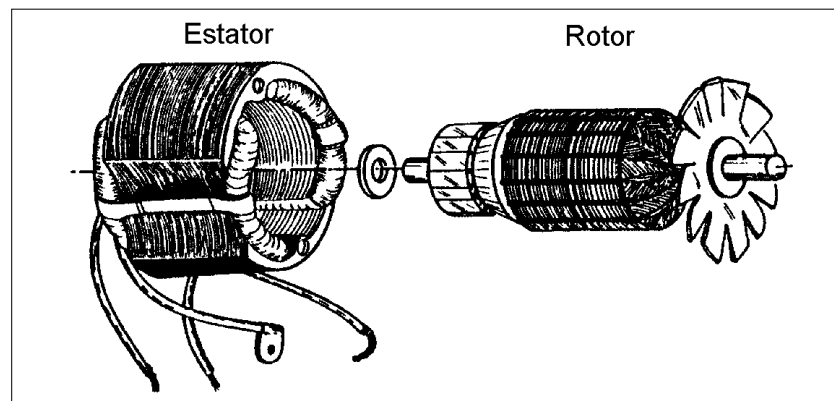
**Força magnética:** força de natureza magnética que age sobre corpos que apresentam cargas elétricas (elétrons) em movimento no interior de um campo magnético. Qualquer fio sob a ação de um campo magnético é movimentado pela força magnética ao ser percorrido por uma corrente elétrica.

## Motores universais de corrente alternada

Os motores de corrente alternada podem ser ligados diretamente à rede elétrica. Graças à maneira como são construídos, aproveitam o efeito da corrente alternada para funcionar.

A figura a seguir mostra estator e rotor de um motor de corrente alternada. Ele é muito parecido com o motor de corrente contínua, pois pode funcionar também com este tipo de corrente. Por isso recebe o nome de motor universal, pois funciona com corrente alternada ou contínua.

É um motor de baixa potência (até 500 watts), muito utilizado em máquinas como liquidificadores, enceradeiras, aspiradores de pó, serras e lixadeiras.



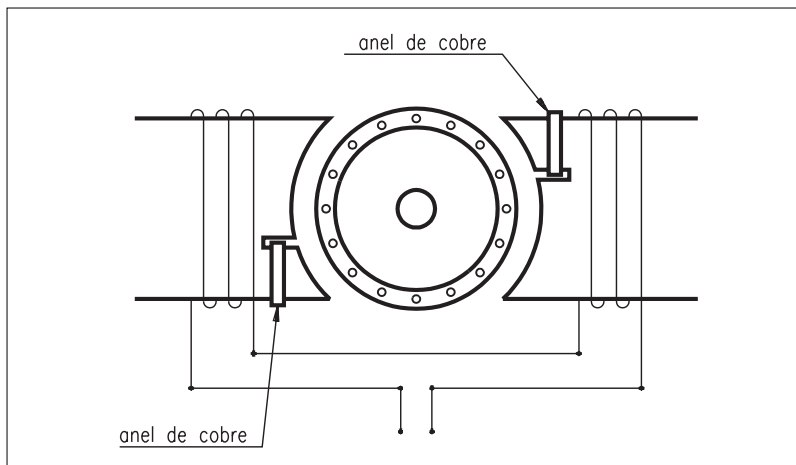
Quando o motor universal recebe corrente alternada, há uma mudança no sentido da corrente nas bobinas do estator e nos fios, mas essa variação não altera o sentido de giro do motor. Só é possível inverter o sentido do movimento de rotação trocando as ligações das escovas pelas bobinas do estator. Assim, o campo magnético fixo muda de polaridade.

## Motores de indução de anel

Existem também os motores de corrente alternada sem escovas. São chamados motores de indução. Nestes motores, o magnetismo do estator, ao variar com a corrente alternada que o atravessa, induz correntes no rotor. Essas correntes induzidas no rotor formam ao seu redor um magnetismo que se opõe ao magnetismo do estator. Assim, o motor tende a ficar parado!

Se o rotor estiver em movimento, por inércia ele continuará girando, pois, como os campos se anulam, o resultado das forças é zero. Desta forma, o motor de indução, para funcionar, necessita de um “empurrãozinho” para sair da inércia, do estado parado. Como estamos falando de automação, é claro que esta “mãozinha” não será dada por um homem, mas por uma alteração na construção do motor, que permitirá a partida automática.

A figura a seguir mostra o esquema de um motor de indução, com um anel de cobre no estator. Este anel afeta o campo magnético; portanto, as forças de atração e repulsão se alteram e o resultado deixa de ser zero, fazendo o rotor se movimentar.



### Motores de indução de bobina auxiliar

Outros motores utilizam uma bobina auxiliar, que dá aquela “mãozinha” no início. Há duas bobinas no estator: uma de fio mais grosso e com grande número de voltas (é a bobina principal) e outra de fio mais fino e com poucas voltas, usada somente na partida.

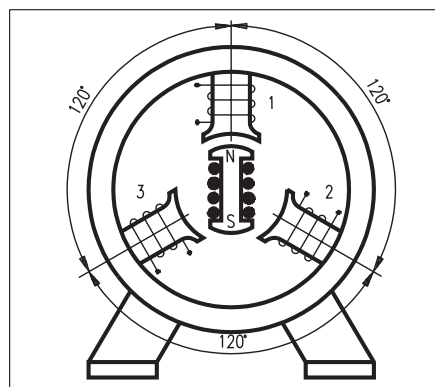
Este motor gira porque há uma diferença entre os magnetismos gerados nas bobinas. Enquanto a bobina auxiliar está operando, o magnetismo decorrente da diferença entre as duas bobinas vai mudando de posição e fazendo o rotor girar. Depois da partida, um interruptor automático existente no motor corta a corrente da bobina auxiliar e o motor continua funcionando normalmente, apenas com o magnetismo da bobina principal.

Motores de indução de anel têm potência máxima na faixa dos 300 watts, e são usados para acionar cargas leves. Os de bobina auxiliar chegam a 600 watts. E, por encomenda, pode-se obter motores de potência ainda maior.

### Máquinas trifásicas

Os motores de corrente alternada, de que tratamos até aqui, funcionam com uma só tensão elétrica: 110 V, 220 V ou outras. Estas tensões são aplicadas por meio de dois fios, um deles chamado **fase** e o outro **neutro**. Motores que funcionam assim são chamados monofásicos.

As turbinas das hidrelétricas produzem três tensões, porque têm três bobinas com seus centros distanciados cerca de 120 graus um do outro. As tensões se apresentam em três fases e suas variações são descompasadas (atrasadas umas em relação às outras), embora variem sempre no mesmo ritmo (60 vezes por segundo). Esse sistema é chamado trifásico, e é muito usado em instalações industriais.



As máquinas elétricas se dividem em:

- alternadores, que geram energia elétrica a partir do movimento mecânico rotor;
- motores, que empregam energia elétrica para realizar um movimento (energia mecânica).

### Motor elétrico trifásico

O estator do motor trifásico possui três enrolamentos, distantes  $120^\circ$  um do outro. São preparados para receber as tensões do sistema trifásico.

Quando as tensões elétricas do trifásico, atrasadas entre si, são aplicadas às três fases do estator, forma-se um magnetismo que vai mudando de posição e gira conforme o tempo vai passando.

Esse magnetismo giratório induz correntes no rotor. A partir daí, já sabemos o que acontece: o magnetismo força o rotor, sustentado por mancais que acompanham seu movimento.

Nos fios do rotor bobinado pode-se ligar resistências externas que permitem controlar a corrente no rotor. Altas correntes significam altas velocidades.

Os motores trifásicos são utilizados em aplicações que requerem acionamento de cargas pesadas, como guindastes, pontes rolantes e equipamentos transportadores. Podem ser ligados em tensões elétricas de 220 V, 380 V, 440 V e 760 V.

### Posição e velocidade dos motores elétricos

Os motores elétricos usados em sistemas de automação geralmente requerem algum controle. Pense num robô que retira uma peça usinada de um torno CNC e a coloca sobre a bandeja de um veículo de transporte. Seus movimentos seriam:

- saindo de uma posição conhecida, partir e acelerar;
- ao aproximar-se de uma posição favorável de ataque à peça, desacelerar até parar;
- aproximar-se da peça a baixa velocidade;
- parar e agarrar a peça;
- partir de volta e acelerar;
- desacelerar até parar numa posição favorável para soltar a peça no veículo;
- soltar a peça.

Os motores elétricos envolvidos neste movimento devem ter controle de velocidade (para aceleração e desaceleração) e de posicionamento. São controles críticos porque se o robô se aproximar da peça numa trajetória errada, dependendo da velocidade de aproximação poderá colidir com algum acessório ou quebrar a peça. O mesmo poderia acontecer na hora de soltar a peça.

Em outras situações, esses controles são determinantes para a qualidade e confiabilidade do trabalho produzido pelas máquinas. Para fresar uma peça numa máquina CNC, costuma-se utilizar três motores elétricos: um para movimentos horizontais, outro para movimentos verticais e um terceiro para movimentos em profundidade. O controle de velocidade e de posicionamento dos três motores mantém as peças dentro de especificações quanto à posição de furos, à profundidade de cavidades etc.

O controle de velocidade e de posicionamento é feito em ciclos de realimentação (*feedback*), nos quais a posição e a velocidade de deslocamento constituem informações importantes para o controle do motor.

Motores elétricos utilizados em ciclos de realimentação normalmente já vêm com sensoriamento acoplado ao seu eixo. Neste caso, o motor passa a receber a designação de “servomotor”, pois torna-se um “escravo” total do ciclo de realimentação. Existem servomotores de corrente contínua e de corrente alternada.

Ao receber os sinais elétricos dos sensores, o módulo de controle opera de modo a variar a potência elétrica do motor. Isto costuma ser feito alterando-se os valores das tensões elétricas entregues ao motor ou, ainda, controlando-se o tempo durante o qual o motor recebe essas tensões.

Hoje, o elemento de comparação é construído por meio de computador ou, no mínimo, com dispositivo eletrônico com características de computador.

O computador deve estar preparado com um programa capaz de receber sinais (na forma de tensões elétricas), compará-los com valores preestabelecidos e devolver sinais para o controle assumir as ações necessárias em relação ao motor: partir, acelerar, desacelerar, parar, conforme o caso.

## Motor de passos

Os ciclos de realimentação, que incluem sensores para indicar a posição e a velocidade do motor, tornam complicado aquilo que parecia simples. Para girar um motor até uma determinada posição, com velocidade controlada, são necessários equipamentos sofisticados. Entretanto, existe um tipo de motor que, como veremos, não requer sensoriamento, pois se “comporta muito bem”: é o **motor de passos**.

Este motor, como diz o nome, gira a partir de combinações de tensões que são aplicadas em suas bobinas. Na realidade, para que eles funcionem, é necessária a informação de quantos passos o motor deve se deslocar, a partir da posição original. Portanto, não é necessário um sistema de sensoriamento para verificar a posição em que o motor se encontra, pois ele sempre estará a N passos da posição de origem (N é o número de passos indicado pelo controlador).

A precisão do deslocamento destes motores é indicada pelo valor de cada passo, dado em graus. Por exemplo: se um motor de passos tem precisão de  $1,8^\circ$ , isto significa que, em cada combinação de tensão aplicada ao motor, ele se desloca  $1,8^\circ$ , ou seja  $1/200$  avos de uma volta completa. Para o motor dar uma volta completa de  $360^\circ$ , é necessário que o controlador gere 200 combinações de tensões, isto é, 200 passos.

A potência desses “motorzinhos” é pequena, por isso sua aplicação principal é o acionamento de cargas leves. Utilizam-se motores de passos em periféricos de computador (impressoras, *plotters*, acionadores de disco). Também aparecem em robôs transportadores de cargas leves, e mesmo em algumas máquinas-ferramenta CNC de pequeno porte.

Tic-tac, blamp-blump, zuuummmm.....

Agora, toda vez que você ouvir o barulho do movimento das máquinas, esperamos que se lembre dos motores elétricos.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

## Exercícios

### Exercício 1

Assinale **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) diante das afirmações a seguir, sobre motores elétricos de corrente contínua:

- a) ( ) devem ser alimentados com tensão elétrica contínua;
- b) ( ) seu rotor deve ser energizado com corrente alternada;
- c) ( ) mudam o sentido do giro quando se invertem os pólos da tensão contínua aplicada;
- d) ( ) podem ser ligados diretamente na rede elétrica.

### Exercício 2

Associe, corretamente, a primeira coluna à segunda:

- |              |        |  |
|--------------|--------|--|
| a) Estator   | 1. ( ) | Recebe a tensão elétrica que alimenta o comutador.                   |
| b) Rotor     | 2. ( ) | Parte fixa do motor.   |
| c) Comutador | 3. ( ) | Parte móvel do motor.  |
| d) Escovas   | 4. ( ) | Funciona como uma espécie de chave automática para os fios do rotor. |

### Exercício 3

Marque com X a alternativa que aponta a principal diferença entre o motor de corrente alternada universal e o motor de indução:

- a) ( ) o motor de indução não possui estator, enquanto o motor universal possui;
- b) ( ) o motor de indução tem rotor bobinado, enquanto o motor universal não tem;
- c) ( ) o motor de indução não necessita de corrente elétrica para funcionar, enquanto o motor universal necessita de corrente;
- d) ( ) no motor de indução, a corrente no rotor é induzida pelo campo magnético variável do estator, enquanto no motor universal a corrente vem da rede elétrica.

### Exercício 4

Escolha as palavras que melhor completam a seguinte frase:

*Nos fios do rotor bobinado de um motor trifásico pode-se ligar ..... externas que permitem controlar a ..... no rotor.*

- a) resistências, corrente;
- b) lâmpadas, faísca;
- c) chaves, sujeira;
- d) cargas, tensão.



# Atuadores e válvulas

Você já viu nas aulas anteriores que é possível transformar energia elétrica em energia mecânica por meio de uma máquina: o motor elétrico.

Na indústria atual, o motor elétrico é o principal responsável pelo fornecimento da energia mecânica necessária ao movimento de outras máquinas. E sua importância aumenta ainda mais quando se trata de automatizar equipamentos e processos de fabricação.

Mas... será que só os motores elétricos são capazes de fornecer energia mecânica? É o que veremos nesta aula.

## Um problema

### Introdução

Além dos motores elétricos, existem outras formas de obter energia mecânica. Pense, por exemplo, naquela roda d'água que você viu um dia no sítio do seu avô. Lembra-se? A água chegava por uma calha e caía sobre uma roda cheia de pás espalhadas em todo seu contorno, fazendo-a girar. O eixo dessa roda era ligado a alguma outra máquina, como um moedor de milho, por exemplo, que usava a energia mecânica para realizar seu trabalho.

Se seu avô não tem sítio e muito menos roda d'água, que tal este outro exemplo: um catavento. Aquele com que você brincava quando era criança: uma folha de papel dobrada, formando três ou quatro aletas, e presa a uma vareta com um alfinete. Você assopra e o catavento gira. Olha aí a energia mecânica novamente.

Observe que nestes dois exemplos não chegamos nem perto de eletricidade. Porém, em ambos utilizamos o que chamamos de fluido: água, na roda d'água do sítio do seu avô, e ar, no catavento da sua infância. E observe outra coisa: tanto o ar como a água atingiram as pás da roda d'água ou do catavento com uma certa pressão. Foi essa pressão, ou seja, essa força distribuída sobre a área das pás que fez com que tanto a roda quanto o catavento girassem.

Dessa forma, podemos usar fluidos (líquidos e gases) sob pressão para produzir energia mecânica. Em outras palavras, podemos transformar a energia de pressão dos fluidos em energia mecânica.

A evolução tecnológica acabou por escolher dois fluidos para participar dessa transformação: óleo e ar.

### Dicas tecnológicas

O ramo da tecnologia dedicado ao estudo das máquinas que utilizam óleo sob pressão passou a chamar-se **Hidráulica**.

Quando o fluido utilizado é ar sob pressão ou ar comprimido, como é mais comumente chamado, estamos no campo da **Pneumática**.

Mas não ficamos totalmente livres da eletricidade. Se você pensou que poderia esquecê-la, enganou-se. É que na indústria, para pressurizar o ar ou o óleo, são necessárias outras máquinas: compressores, no caso de ar, e bombas hidráulicas, para o óleo. E adivinhe o que movimenta essas máquinas? Isso mesmo, motores elétricos.

Como você pode ver, embora em hidráulica e pneumática não se transforme energia elétrica diretamente em energia mecânica, a utilização de energia elétrica ocorre numa etapa anterior, quando a transformamos em energia de pressão do fluido.

### Atuadores

Mas a essa altura você deve estar perguntando: será que vamos utilizar rodas d'água e cataventos para automatizar máquinas?

Com o passar do tempo, o homem criou e aperfeiçoou mecanismos cuja função é transformar energia de pressão de fluidos em energia mecânica.

Esses mecanismos são denominados **atuadores**, pois sua função é aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho. Aliás, o motor elétrico também é um tipo de atuador. A única diferença, como já observamos, é que ele emprega energia elétrica e não energia de pressão de fluidos.

Os atuadores que utilizam fluido sob pressão podem ser classificados segundo dois critérios diferentes:

- Quanto ao tipo de fluido empregado, podem ser:
  - pneumáticos: quando utilizam ar comprimido;
  - hidráulicos: quando utilizam óleo sob pressão.
- Quanto ao movimento que realizam, podem ser:
  - lineares: quando o movimento realizado é linear (ou de translação);
  - rotativos: quando o movimento realizado é giratório (ou de rotação).

Já os atuadores rotativos podem ser classificados em:

- angulares: quando giram apenas num ângulo limitado, que pode em alguns casos ser maior que 360°.
- contínuos: quando têm possibilidade de realizar um número indeterminado de rotações. Nesse caso, seriam semelhantes à roda d'água e ao catavento mencionados anteriormente. São os motores pneumáticos ou hidráulicos.

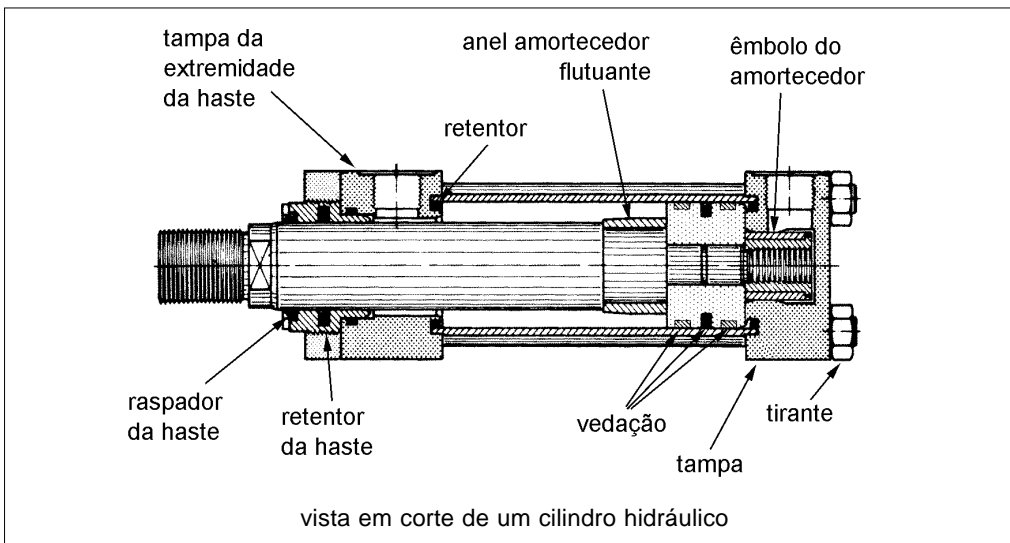
## Atuadores lineares

Os atuadores lineares são conhecidos como **cilindros** ou **pistões**.

Um exemplo de pistão é uma seringa de injeção, daquelas comuns, à venda em farmácias. Só que ela funciona de maneira inversa à dos atuadores lineares. Numa seringa, você aplica uma força mecânica na haste do êmbolo. O êmbolo, por sua vez, desloca-se segundo um movimento linear (de translação), guiado pelas paredes do tubo da seringa, e faz com que o fluido (no caso, o medicamento) saia sob pressão pela agulha. Ou seja, está ocorrendo uma transformação de energia mecânica em energia de pressão do fluido.

Agora vamos inverter o funcionamento da seringa. Se injetarmos um fluido (água, por exemplo) pelo ponto onde a agulha é acoplada ao corpo da seringa, o êmbolo irá se deslocar segundo um movimento linear. Estaremos, então, transformando energia de pressão do fluido em energia mecânica. Aí sim, teremos um atuador linear.

Cilindros hidráulicos e pneumáticos têm construção muito mais complexa do que simples seringas de injeção, pois as pressões dos fluidos e os esforços mecânicos são muito maiores. Como esses cilindros realizam operações repetitivas, deslocando-se ora num sentido ora em outro, devem ser projetados e construídos de forma cuidadosa, para minimizar o desgaste de componentes e evitar vazamento de fluidos, aumentando, assim, sua vida útil.

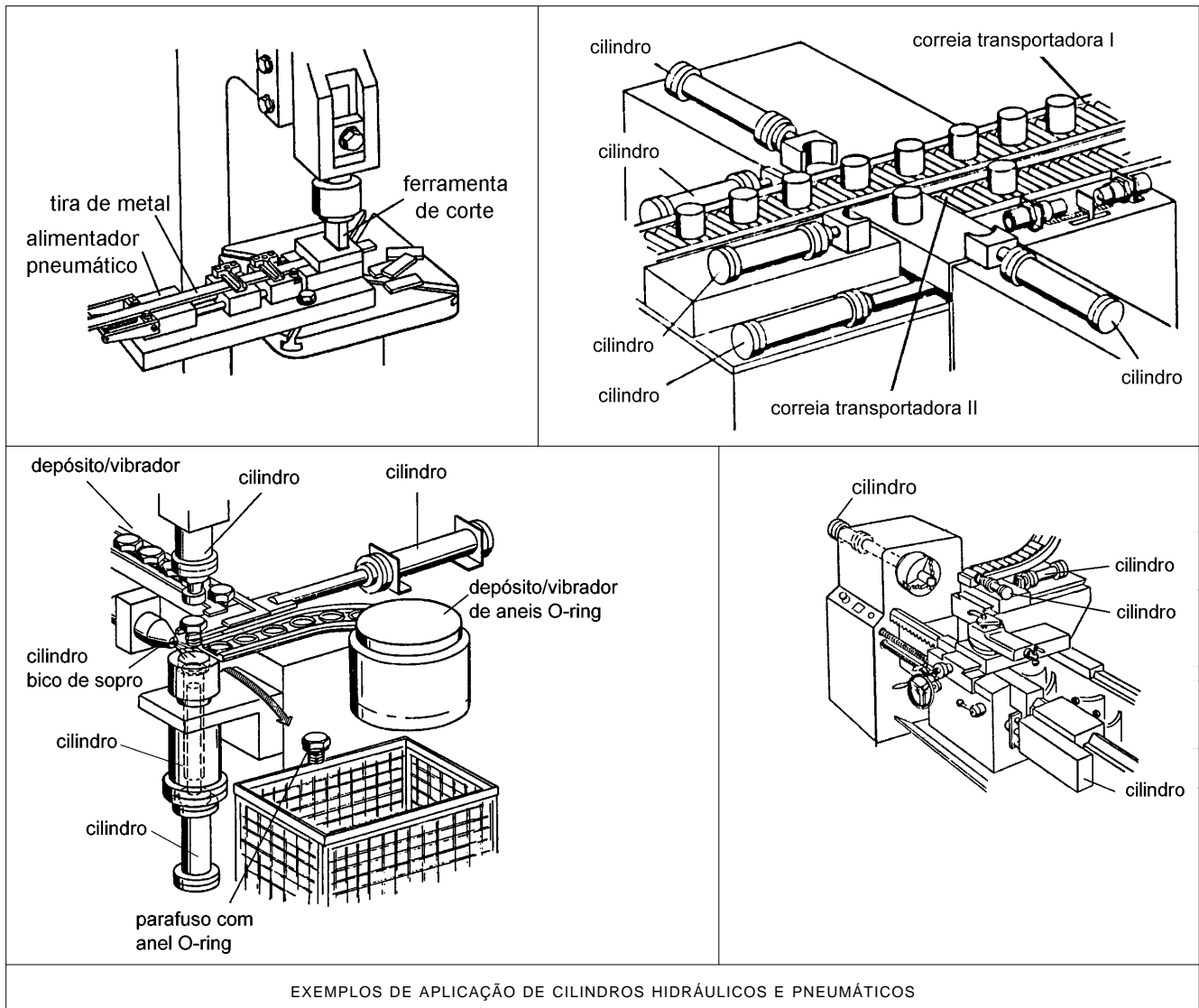


Os cilindros compõem-se normalmente de um tubo cuja superfície interna é polida, um pistão (ou êmbolo) fixado a uma haste e duas tampas montadas nas extremidades do tubo. Em cada uma das tampas há um orifício por onde o fluido sob pressão entra no cilindro e faz com que o pistão seja empurrado para um lado ou para outro dentro do tubo.

Entre as várias peças (fixas ou móveis) que compõem o conjunto, existem vedações de borracha ou outro material sintético para evitar vazamentos de fluido e entrada de impurezas e sujeira no cilindro. Essas vedações recebem nomes diferentes de acordo com seu formato, localização e função no conjunto. Assim, temos retentores, anéis raspadores e anéis "O", entre outros.

Em alguns casos, como se pode ver no lado direito do cilindro da figura anterior, utilizam-se amortecedores de fim de curso. Durante o movimento do êmbolo para a direita, e antes que o pistão atinja a tampa, um êmbolo menor penetra num orifício e reduz a passagem que o fluido atravessa. A velocidade do pistão diminui e, conseqüentemente, o choque entre o pistão e a tampa do cilindro é menos violento.

Os cilindros pneumáticos e hidráulicos encontram grande campo de aplicação em máquinas industriais, automáticas ou não, e outros tipos de equipamentos, como os utilizados em construção civil e transportes (guindastes, escavadeiras, caminhões basculantes).



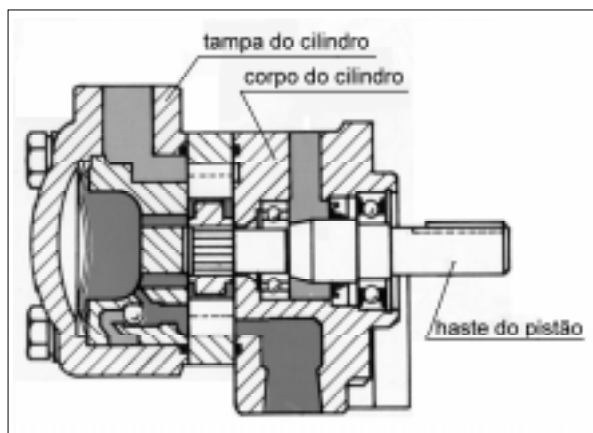
### Atuadores rotativos

Os atuadores rotativos, conforme classificação anterior, podem ser angulares ou contínuos.

Os **atuadores rotativos angulares** são mais conhecidos como cilindros rotativos.

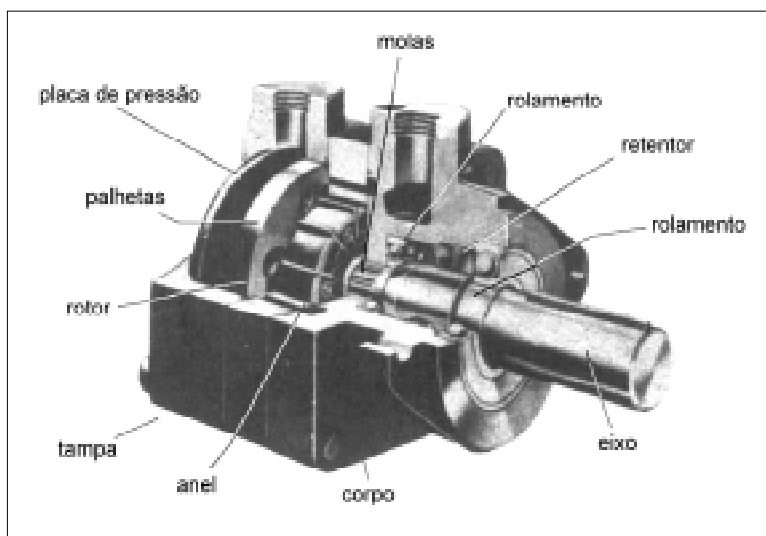
Nos atuadores lineares, como você viu, o movimento do pistão é de translação. Muitas vezes, no entanto, o movimento a ser feito pela máquina acionada requer do atuador um movimento de rotação.

Basicamente, esses atuadores podem ser de dois tipos: de cremalheira e de aleta rotativa. O primeiro tipo constitui-se da união de um cilindro pneumático com um sistema mecânico. Na haste do pistão de um atuador linear é usinada uma cremalheira. A cremalheira aciona uma engrenagem, fazendo girar o eixo acoplado a ela. No cilindro de aleta rotativa, apresentado na figura, uma pá ou aleta pode girar de um determinado ângulo ao redor do centro da câmara do cilindro. A aleta, impulsionada pelo fluido sob pressão, faz girar o eixo preso a ela num ângulo que raramente ultrapassa 300°.



vista de um cilindro rotativo

Os **atuadores rotativos contínuos** são mais conhecidos como motores pneumáticos ou hidráulicos, conforme o fluido que os acione seja ar comprimido ou óleo.



vista em corte de um motor hidráulico

Um motor hidráulico ou pneumático consta de um rotor ao qual é fixado um eixo. Ao longo da periferia do rotor existem ranhuras radiais, onde deslizam pequenas placas de metal denominadas palhetas. As palhetas são mantidas em contato com a parte interna do corpo do motor por meio de molas denominadas balancins ou pela ação da força centrífuga que age sobre elas quando o rotor gira.

Na carcaça do motor existem dois orifícios, respectivamente para entrada e saída do fluido sob pressão. Ao entrar na câmara em que se encontra o rotor, o fluido sob pressão empurra as palhetas do rotor. O rotor gira e, conseqüentemente, o eixo preso a ele também. Esse movimento de rotação é então utilizado para acionar uma outra máquina.

## Válvulas

Vimos que para os atuadores funcionarem é necessário que o fluido (óleo ou ar comprimido) chegue até eles. Ainda não explicamos como isso ocorre, porém não é difícil imaginar uma tubulação de aço, borracha ou outro material ligando o compressor ou a bomba hidráulica ao atuador. Se o ar ou óleo contiverem impurezas que possam danificar os atuadores, será preciso acrescentar um filtro no caminho. Se o ar contém muito vapor d'água, então acrescenta-se à tubulação o que denominamos **purgador**, para separar a água do ar.

Agora pense na instalação elétrica de sua casa. Imagine-a sem chave geral, disjuntores e interruptores de luz. Toda vez que você quisesse acender a luz da sala, teria que subir no poste e ligar os fios de sua casa aos da rua. E para apagar... olha você lá no poste de novo. Trabalhoso, não?

No caso dos atuadores, se desejamos que o pistão que foi acionado para a direita volte agora para a esquerda, temos que desligar o compressor ou a bomba, inverter as mangueiras dos dois lados do cilindro e religar o compressor ou a bomba.

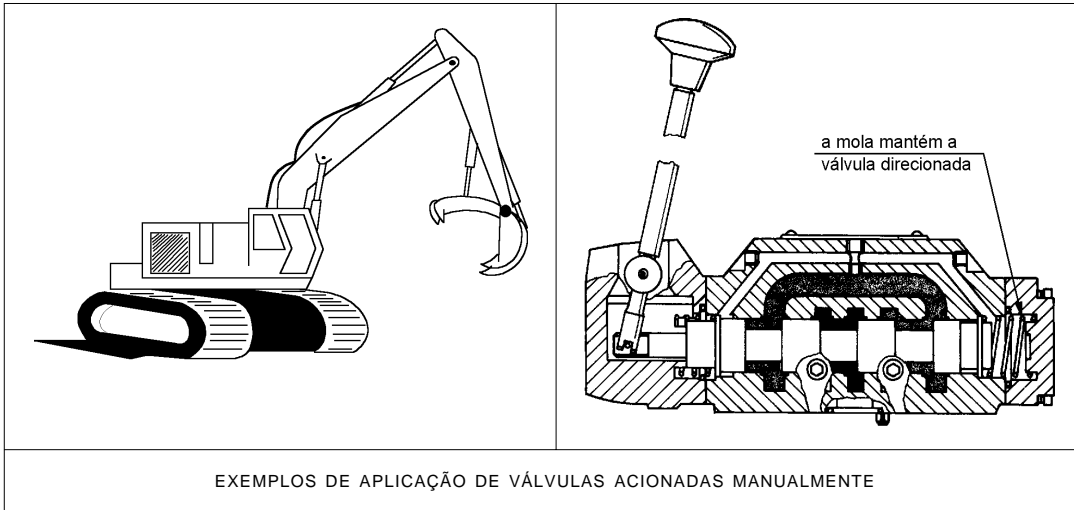
Mas existe um jeito mais fácil. Podemos direcionar o fluido dentro de um circuito hidráulico ou pneumático por meio de válvulas. As válvulas são mecanismos que permitem controlar a direção do fluxo de fluido, sua pressão e vazão (quantidade de fluido que passa por um ponto do circuito num certo tempo). Para cada uma destas funções existe um tipo específico de válvula.

Nos circuitos hidráulicos e pneumáticos, as válvulas desempenham um papel semelhante ao das chaves, disjuntores e interruptores no circuito elétrico de sua casa. As válvulas permitem controlar o atuador a ser acionado e o momento do acionamento – da mesma forma que ao acionarmos os interruptores de luz indicamos qual lâmpada deve ou não ficar acesa.

Ao contrário dos interruptores de nossa casa, que normalmente são acionados manualmente, as válvulas hidráulicas e pneumáticas podem ser acionadas manualmente, eletricamente ou por meio do próprio fluido sob pressão.

O caso do operador de retroescavadeira da figura a seguir é um exemplo. Sua máquina tem vários pistões hidráulicos, cada um deles responsável por um determinado movimento.

A cada um dos pistões está associada uma válvula, acionada manualmente por meio de alavancas. O operador, ao acionar uma determinada alavanca, determina não apenas o pistão que será acionado mas também o sentido de seu movimento (extensão ou retração).

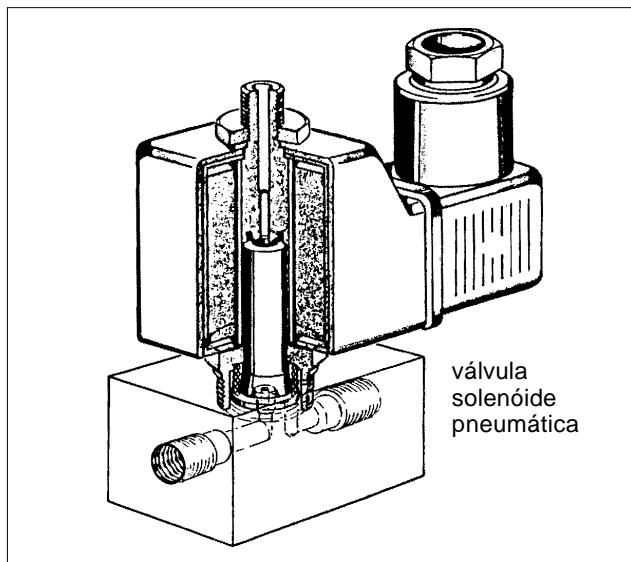


### Válvulas acionadas eletricamente

As máquinas automáticas que utilizam energia hidráulica ou pneumática não precisam necessariamente de eletricidade para acionar suas válvulas. Pode-se usar um conjunto de válvulas manuais, acionadas pelo próprio fluido sob pressão, para que a máquina execute seus movimentos e realize seu trabalho.

No entanto, utilizando-se válvulas acionadas eletricamente, os circuitos hidráulicos e pneumáticos tendem a ficar mais simples. Além disso, com o emprego crescente de computadores para controlar máquinas, o uso de válvulas acionadas eletricamente tornou-se quase obrigatório, uma vez que as “ordens” enviadas pelo computador à máquina são sinais elétricos.

As válvulas acionadas eletricamente são normalmente chamadas **solenóides**.



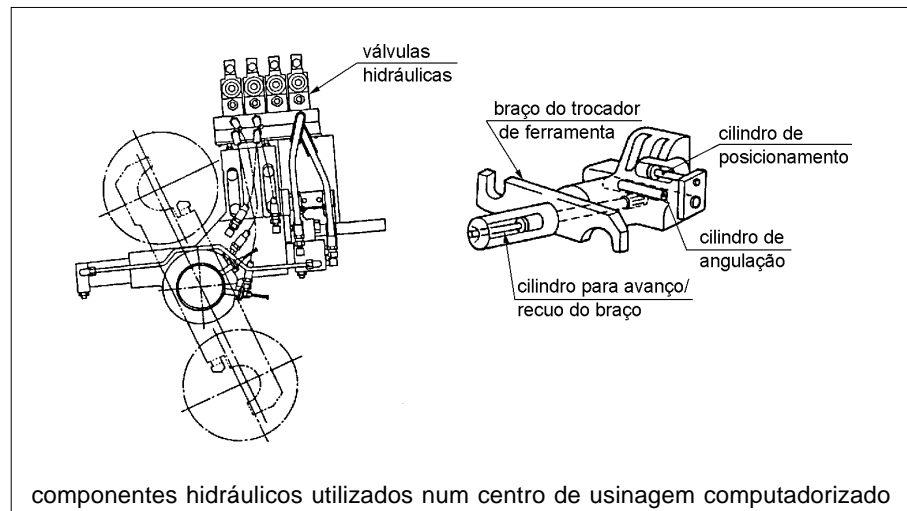
Solenóide é um fio elétrico enrolado num carretel. É uma bobina. Quando ligamos os terminais deste fio à rede elétrica, digamos, 110 volts, acontecem alguns fenômenos físicos chamados eletromagnéticos.

Devido a esses fenômenos, a peça denominada núcleo da bobina, localizada na parte interna do carretel, sofre a ação de uma força magnética e desloca-se dentro do carretel.

O carretel é uma peça cilíndrica com várias ranhuras radiais. Quando se aciona a válvula, o carretel desloca-se em movimento linear, abrindo algumas passagens para o fluido e fechando outras. Assim, dependendo da posição do carretel no interior da válvula, o fluido percorre um caminho ou outro. O carretel apresenta movimento nos dois sentidos: para a direita ou para a esquerda. Além do acionamento eletromagnético, utilizado nas válvulas solenóides, os acionamentos que comandam os movimentos do carretel podem ser:

- manual: por meio de botões, alavancas ou pedais;
- mecânico: por meio de batentes, roletes e molas;
- pneumático ou hidráulico: por meio do próprio fluido.

As válvulas e os pistões sozinhos têm pouca utilidade na automação. Para poderem realizar algum trabalho significativo, vários componentes de tipos variados devem ser montados juntos, formando um conjunto.



Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

## Exercícios

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

Para produzir energia mecânica, a hidráulica e a pneumática usam, respectivamente, os seguintes fluidos:

- querosene e ar;
- gás carbônico e hidrogênio;
- mercúrio e óleo;
- óleo e ar.



**Exercício 2**

Na indústria, obtemos ar comprimido por meio de:

- a) ( ) bombas pneumáticas;
- b) ( ) bombas hidráulicas;
- c) ( ) compressores de ar;
- d) ( ) compressores de hidrogênio.

**Exercício 3**

Comprime-se o óleo com:

- a) ( ) compressores pneumáticos;
- b) ( ) rolos eletrônicos;
- c) ( ) prensas mecânicas;
- d) ( ) bombas hidráulicas.

**Exercício 4**

Os mecanismos que transformam energia de pressão de fluidos em energia mecânica são chamados:

- a) ( ) bombeadores;
- b) ( ) compressores;
- c) ( ) rolamentos;
- d) ( ) atuadores.

**Exercício 5**

Um fluido é direcionado num circuito hidráulico ou pneumático por meio de:

- a) ( ) válvulas;
- b) ( ) pistões;
- c) ( ) bombas hidráulicas;
- d) ( ) compressores.

**Exercício 6**

Uma válvula pode ser acionada:

- a) ( ) manualmente;
- b) ( ) eletricamente;
- c) ( ) por meio do próprio fluido;
- d) ( ) todas as respostas anteriores.



# Circuitos pneumáticos e hidráulicos

## Um problema

A injetora de plásticos de uma fábrica quebrou. Desesperado, o supervisor de produção procura pelo novo mecânico de manutenção de plantão: você.

– Precisamos dessa máquina. A produção já está atrasada quase uma semana. Tenho aqui o diagrama hidráulico da máquina. Por favor, estude-o e veja se consegue resolver o problema.

Para não demonstrar ignorância, você sorri, faz que sim com a cabeça e arrisca:

– Deixa comigo!

Ao olhar o diagrama, no entanto, você se arrepende de tanta autoconfiança. Aquele monte de símbolos parece grego. Coisa de louco!

Se você não quer passar por uma situação assim, estude esta aula. Ela vai lhe dar algumas noções sobre como interpretar diagramas pneumáticos e hidráulicos, que poderão ser-lhe úteis no futuro.

## Conceito

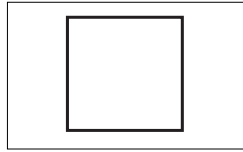
Quando unimos várias válvulas e pistões por meio de tubulações, a fim de realizar determinada tarefa, damos ao conjunto o nome de **circuito** – circuito pneumático ou circuito hidráulico, conforme o caso.

O desenho do circuito é chamado diagrama ou esquema. É um desenho simplificado, feito com a utilização de símbolos. Cada componente do circuito é representado por um símbolo. Examinando o diagrama, é possível compreender como funciona um circuito.

Um dos símbolos mais importantes é aquele usado para representar válvulas. Uma válvula pode assumir várias posições, dependendo do estado em que se encontra: não acionada, acionada para a direita, acionada para a esquerda etc.

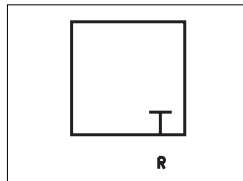
Assim, precisamos de símbolos capazes de representar esses vários estados da válvula. Vamos estudar esses símbolos.

Cada posição ou estado da válvula é representado por um quadrado.

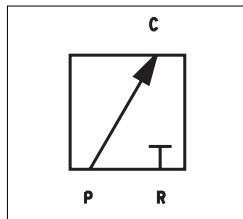


No interior do quadrado, representam-se as passagens que estão abertas, permitindo o fluxo de fluido, e as que estão fechadas.

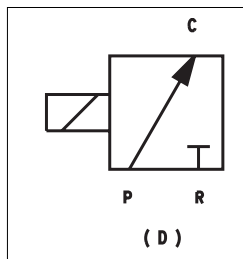
Na figura está representado um orifício da válvula fechado: é o orifício R (de **R**etorno de ar comprimido) fechado.



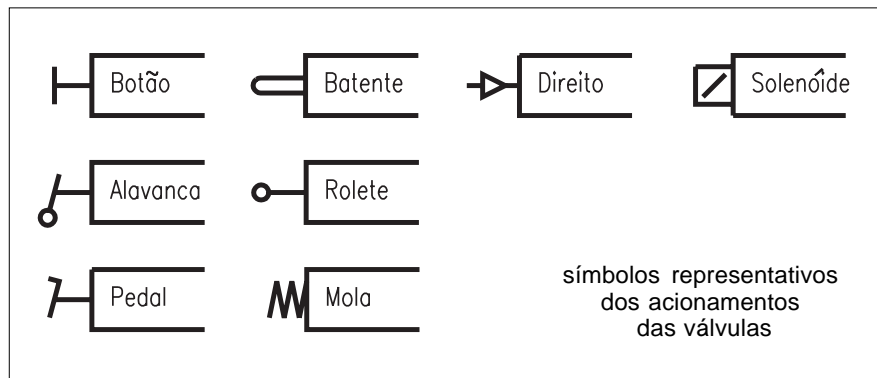
Quando um orifício da válvula se comunica com outro, permitindo a passagem de fluido, essa passagem é representada por uma seta. Essa passagem denomina-se **via**.



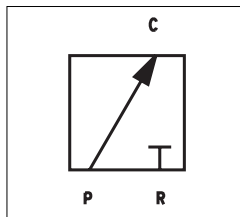
O orifício P (de **P**ressão, entrada de ar comprimido) comunica-se com o orifício C (que será ligado a um Cilindro pneumático), permitindo, devido à diferença de pressão, que o ar escoe de P para C.



Além disso, é preciso representar como a válvula chegou a esse estado, ou seja, se foi acionada e como foi acionada. Os vários tipos de acionamentos são representados pelos símbolos ao lado.

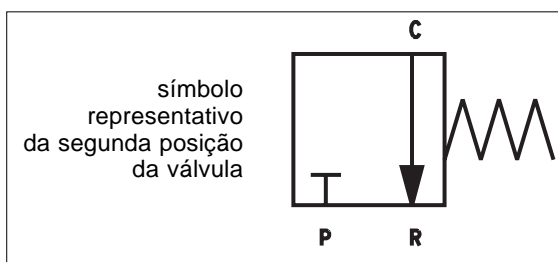


No caso de uma válvula solenóide, o estado ou posição dessa válvula de três vias é representado pelo símbolo mostrado na figura.



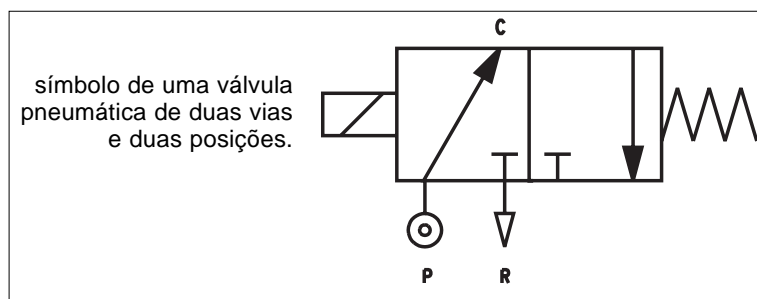
Se fôssemos traduzir esse símbolo, escreveríamos assim: quando a válvula for acionada, o orifício P se comunicará com o orifício C, permitindo a passagem de ar de P para C, e o orifício R será fechado.

Quando a válvula não está acionada, ela se encontra em outra posição. Vamos então considerar uma válvula de duas posições. Enquanto ela não for acionada, seu carretel é mantido numa posição por meio de uma mola. Esta nova posição é representada pelo símbolo mostrado abaixo, em que o orifício P está fechado e o orifício C se comunica com o orifício R.

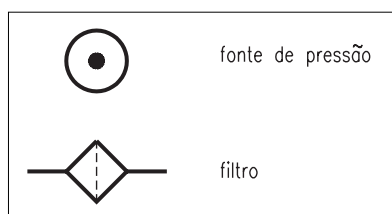








O símbolo de uma válvula deve representá-la em suas várias posições possíveis.

A válvula representada abaixo é classificada como de duas vias (entre P e C e entre C e R) e duas posições (acionada ou não pelo solenóide).



Encontramos outros símbolos usados nos diagramas pneumáticos e hidráulicos e seus respectivos significados.

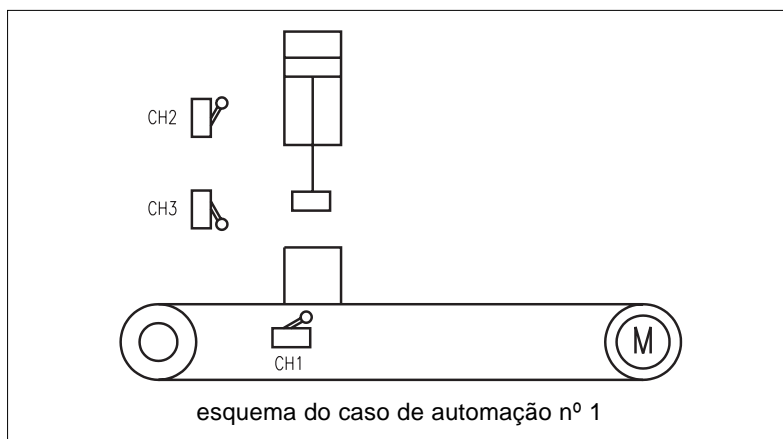


	reservatório
	motor hidráulico
	tubulação rígida
	tubulação flexível
	cilindro de ação simples
	cilindro de ação dupla
SÍMBOLOS USADOS EM DIAGRAMAS PNEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS	

### Caso de automação nº 1

Agora estamos preparados para realizar nosso primeiro projeto de automação industrial utilizando componentes pneumáticos. Vamos, antes de mais nada, estudar o sistema a ser automatizado.

Uma esteira é usada para transportar caixas de papelão. Num determinado local sobre a esteira, existe um pistão pneumático montado verticalmente. Na extremidade do pistão há um carimbo. Cada caixa deve parar debaixo do pistão, ser carimbada e, logo depois, seguir viagem pela esteira, conforme o esquema.



Assim, podemos dividir a operação do sistema em 4 fases:

1. ligar a esteira e levar a caixa até a posição (sob o pistão);
2. desligar a esteira;
3. descer o pistão;
4. subir o pistão.

Concluída a fase 4, voltamos à fase 1, repetindo o ciclo.

Como você já viu em aulas anteriores, uma máquina automática possui atuadores e sensores. Os atuadores são os componentes da máquina responsáveis pelo trabalho mecânico. Podemos dizer que os atuadores são os “braços” da máquina. Por outro lado, os sensores são os componentes que indicam em que situação a máquina se encontra num determinado momento. Podemos dizer que os sensores são os “olhos” da máquina.

No nosso sistema, temos dois atuadores: o pistão pneumático que carimba as caixas de papelão e o motor elétrico que faz a esteira se movimentar.

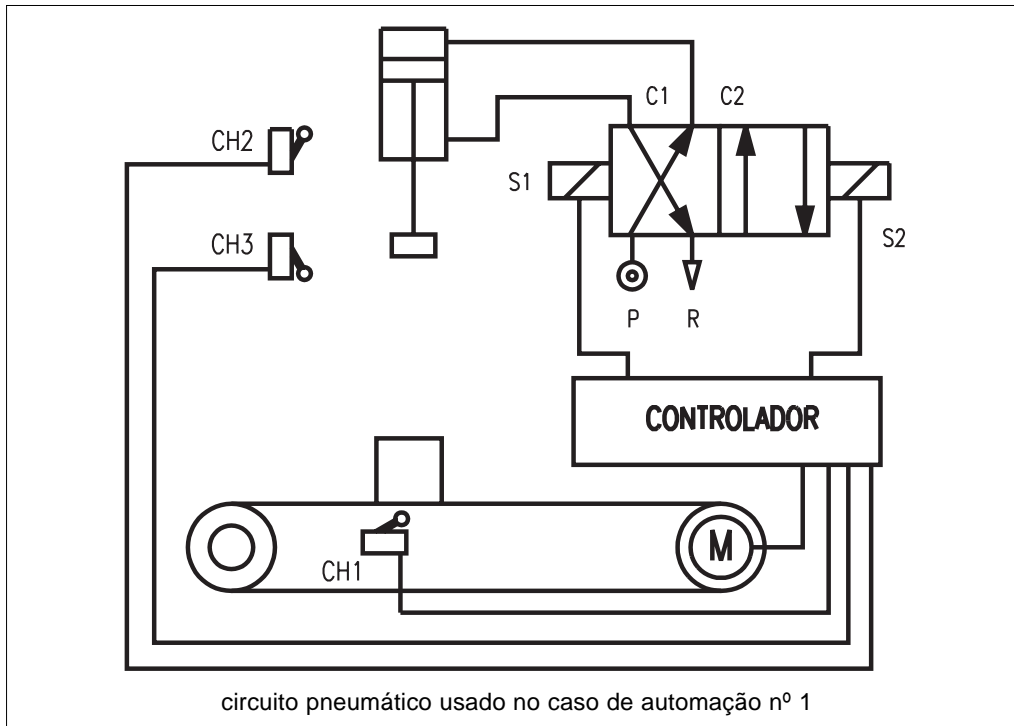
Como sensores, vamos usar três chaves fim-de-curso. Cada chave (CH1, CH2 ou CH3) indica a seguinte situação:

- CH1:** caixa embaixo do pistão;
- CH2:** pistão na posição superior;
- CH3:** pistão na posição inferior.

Uma chave fim-de-curso é um interruptor elétrico, como aquele que você usa em sua casa para acender ou apagar a luz. Só que ele é acionado não pelo dedo, mas por meio de uma peça qualquer da máquina que entra em contato com a haste de acionamento da chave fim-de-curso. Uma chave fim-de-curso pode estar na posição aberta (impede a passagem de corrente elétrica) ou fechada (permite a passagem de corrente elétrica).

Verificando essa posição, é possível saber o que ocorre na máquina que estamos automatizando. Assim saberemos se a caixa está na posição correta, se o pistão está na posição superior e assim por diante. Dependendo do estado da máquina, teremos de ligar ou desligar a esteira, subir ou descer o pistão pneumático etc. Quem vai tomar essas decisões é o controlador. O controlador geralmente é um circuito elétrico ou eletrônico construído segundo uma determinada lógica de funcionamento. É no controlador que são ligados os fios das chaves fim-de-curso. Além disso, ele também é capaz de enviar sinais elétricos para as válvulas solenóide e para os motores elétricos. Podemos dizer, de maneira simples, que no controlador está a “inteligência” da máquina.

No entanto, não vamos nos preocupar agora com o controlador, uma vez que nosso objetivo principal é estudar o circuito pneumático. Assim, vamos analisar como o sistema funciona, examinando o circuito.



Quando a caixa que está sendo transportada encontra a chave CH1, o motor da esteira é desligado e a caixa pára sob o pistão.

Em seguida, o solenóide S1 é acionado. A válvula passa para a posição da esquerda. O ar comprimido flui de P para C2 e chega à câmara superior do cilindro. Ao mesmo tempo, o orifício C1 comunica-se com o R e o ar da câmara inferior do cilindro escoa para a atmosfera. O pistão desce.

Quando o pistão desce, a chave CH2 que indica o fim-de-curso superior é desacionada.

O pistão continua descendo até atingir sua posição inferior, quando, então, a chave CH3 é acionada e a caixa é carimbada. O pistão pode permanecer um determinado tempo (definido pelo controlador) nesta posição.

O solenóide S1 é desacionado e se aciona então o solenóide S2. A válvula passa para a posição da direita. O ar comprimido flui de P para C1 e chega à câmara inferior do cilindro. Ao mesmo tempo, a via C2 comunica-se com R e o ar da câmara superior do cilindro escoa para a atmosfera. O pistão sobe.

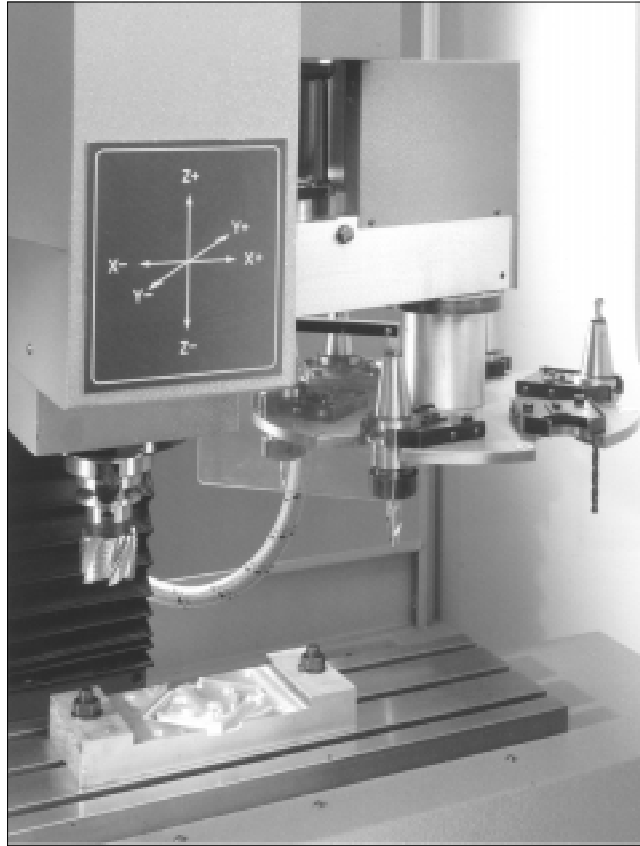
Quando se chega à posição superior e se aciona a chave CH2, o motor da esteira é novamente ligado, até que uma nova caixa seja posicionada sob o pistão, repetindo o ciclo.

### Caso de automação nº 2

Agora, vamos estudar outro exemplo.

Uma fresadora CNC pode trabalhar com várias ferramentas. Cada ferramenta é presa a um suporte porta-ferramentas. O porta-ferramentas, por sua vez,

é fixado a um mecanismo responsável pela troca automática de uma ferramenta por outra. Esse mecanismo é chamado de torre porta-ferramentas.



torre porta-ferramentas de uma fresadora CNC

Vamos ver como é possível automatizar os movimentos da torre porta-ferramentas por meio de um circuito hidráulico.

Quando o controlador (Comando Numérico) da fresadora manda trocar uma ferramenta por outra, deve ser realizada a seguinte seqüência de tarefas:

1. Destruar o porta-ferramentas que está sendo utilizado.
2. O carrossel, com todas as ferramentas da torre, desloca-se para a esquerda, fazendo com que as hastes dos suportes porta-ferramentas abandonem seus alojamentos na torre. Essa etapa é chamada de destravamento da torre.
3. O carrossel gira e a nova ferramenta é colocada na posição de usinagem. Essa etapa é chamada de giro da torre.
4. O carrossel desloca-se agora para a direita, fazendo com que as hastes de todos os suportes porta-ferramentas novamente se encaixem em seus alojamentos. Essa etapa é chamada de travamento da torre.
5. Trava-se o novo porta-ferramentas, para que possa suportar as forças de usinagem.

Vamos precisar dos seguintes atuadores:

CF: cilindro hidráulico para travamento ou destravamento do suporte porta-ferramentas;

CT: cilindro hidráulico para travamento ou destravamento da torre;

MT: motor hidráulico para girar a torre.



Vamos precisar também de vários sensores, cada um deles capaz de indicar um determinado estado da máquina:

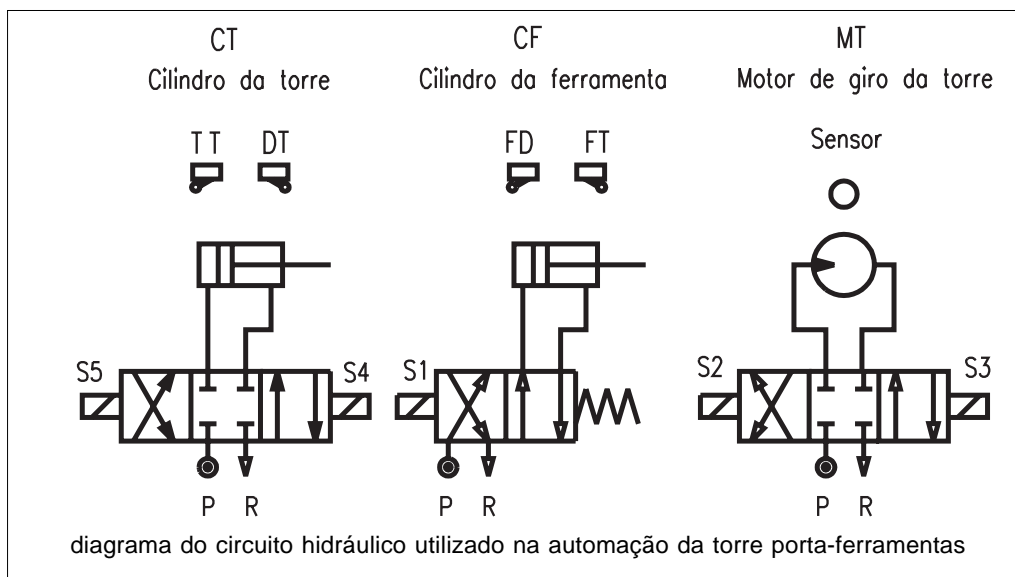
FT: porta-ferramentas travado;  
 FD: porta-ferramentas destravado;  
 TT: torre travada;  
 TD: torre destravada.

Além disso, precisaremos de um sensor que indique qual a ferramenta que está atualmente na posição de usinagem.

Não iremos nos preocupar agora com os tipos de sensores utilizados nem com seu modo de funcionamento.

Vamos considerar também que as válvulas responsáveis pelos movimentos dos cilindros e do motor hidráulico são todas acionadas por meio de solenóides.

Os sensores e os solenóides das válvulas são ligados ao controlador (Comando Numérico), que se encarrega da lógica de funcionamento do mecanismo.



O mecanismo funciona da seguinte maneira:

O solenóide S1 é acionado. O pistão do cilindro CF se retrai e a ferramenta é destravada. O sensor FD informa o destravamento ao controlador.

Aciona-se, então, o solenóide S4. O pistão do cilindro CT avança e destrava a torre. O sensor DT informa o destravamento da torre ao controlador.

O controlador verifica, por meio do sensor, qual a ferramenta que está na posição de usinagem. Dependendo da nova ferramenta a ser trocada, o controlador determina qual o sentido de giro da torre que corresponde ao caminho mais curto. Em função do sentido escolhido, o controlador aciona o solenóide S2 ou S3, fazendo com que o motor hidráulico da torre gire num sentido ou noutro.

O sensor da ferramenta indica se o porta-ferramentas desejado já está na posição correta. Se estiver, o solenóide S2 ou S3, conforme o sentido em que a torre estava girando, é desacionado.

Desligado o motor hidráulico, o solenóide S5 é acionado e a torre é novamente travada. O sensor TT informa o travamento ao controlador.

O controlador desaciona, então, o solenóide S1 e a mola traz o carretel da válvula de volta para a posição de repouso. O pistão do cilindro CF avança e o porta-ferramentas é novamente travado. O sensor FT informa o travamento da ferramenta ao controlador e a usinagem da peça prossegue.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

## Exercícios

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

O conjunto de várias válvulas e pistões ligados por meio de tubulações recebe o nome de:

- a) ( ) conjunto mecânico;
- b) ( ) diagrama hidráulico;
- c) ( ) esquema pneumático;
- d) ( ) circuito hidráulico ou pneumático.

### Exercício 2

O quadrado utilizado na representação de uma válvula indica:

- a) ( ) direção;
- b) ( ) posição;
- c) ( ) tipo de acionamento;
- d) ( ) tamanho da válvula.

### Exercício 3

A passagem de um fluido na válvula é indicada por:

- a) ( ) seta;
- b) ( ) quadrado;
- c) ( ) linha;
- d) ( ) triângulo.

### Exercício 4

Circuitos pneumáticos ou hidráulicos são representados por:

- a) ( ) desenhos técnicos;
- b) ( ) gráficos especiais;
- c) ( ) setas e figuras;
- d) ( ) diagramas ou esquemas.

### Exercício 5

As chaves fim-de-curso utilizadas em circuitos hidráulicos e pneumáticos servem para:

- a) ( ) informar ao controlador a posição dos pistões;
- b) ( ) acionar diretamente os pistões;
- c) ( ) controlar vazamentos de ar nas tubulações;
- d) ( ) evitar curto-circuitos nas válvulas-solenóide.