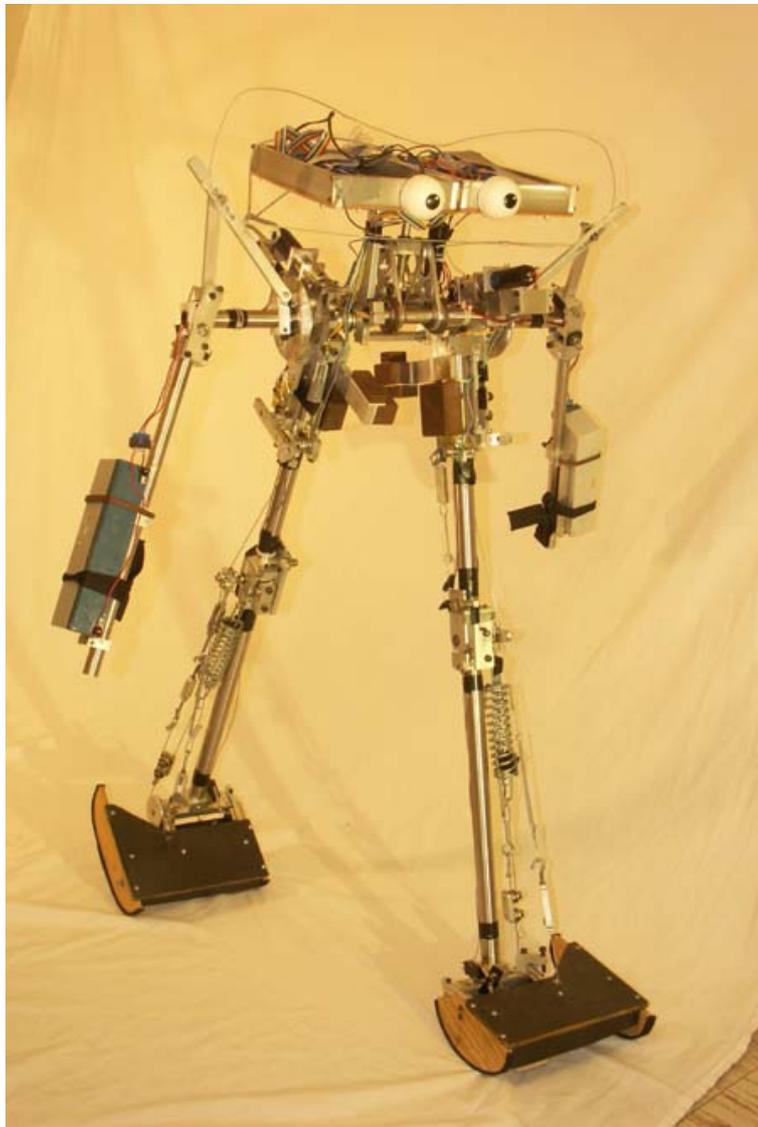


# Robótica

J. A. M. Felipe de Souza

## 2. - Robótica: ciência e tecnologia

O que é a Robótica.  
Benefícios da Robótica.  
Robôs flexíveis.  
Sensores.  
Actuadores.



BAPS, *robô* bípede da Universidade de Tecnologia de Delft na Holanda.

## Robótica: ciência e tecnologia

### O que é a Robótica.

Afinal o que é Robótica?

A diversidade de tipos de *robôs* que existem impedem que haja uma definição de *robô* que seja universalmente aceita.

No entanto há um conjunto comum de componentes que essa diversidade de *robôs* partilha, como por exemplo:

- sistemas de locomoção;
- sensores;
- sistemas de processamento;
- etc.

E é isto que compõe a *Robótica*.

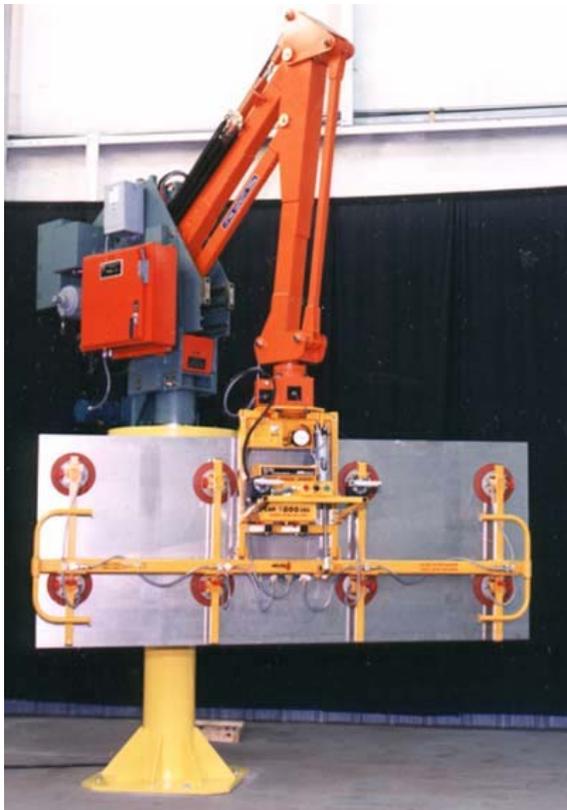


Fig. 1 - Braço manipulador, um *robô* industrial (fixo).

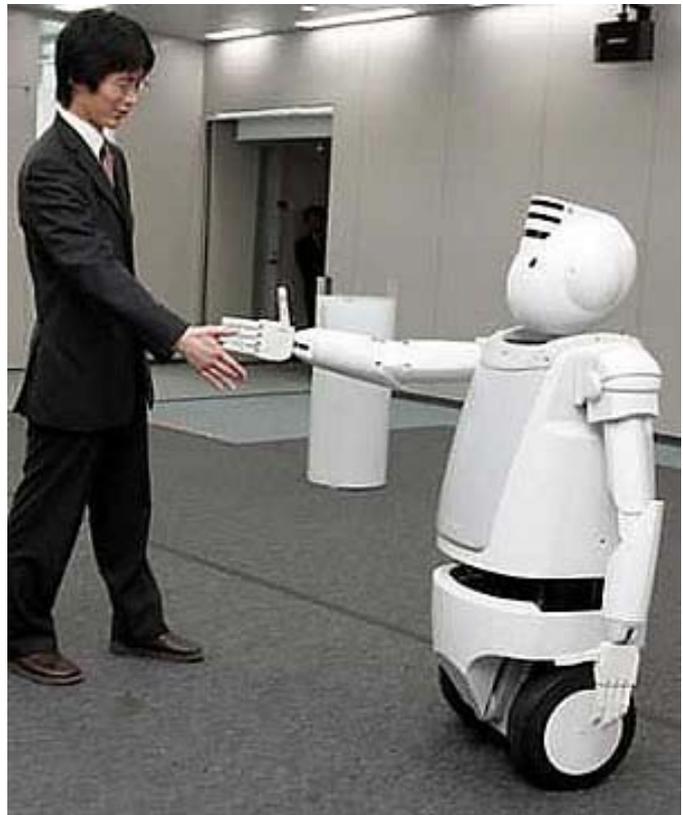


Fig. 2 - Emiew, um *robô* (móvel) humanóide da Hitachi.

De acordo com a *Robotics Industries Association* (ou seja, *Associação das Indústrias de Robótica*) temos a seguinte definição de **robô** que é mais objectiva do que a que vimos anteriormente no capítulo 1:

Um **robô** é um dispositivo mecânico articulado reprogramável, que consegue, de forma autónoma e recorrendo à sua capacidade de processamento:

- obter informação do meio envolvente utilizando sensores;
- tomar decisões sobre o que deve fazer com base nessa informação e em informação à priori;
- manipular objectos do meio envolvente utilizando actuadores.



Fig. 3 - Para funcionar os **robôs** requerem que dominemos muitas áreas do conhecimento.

A “**Robótica**” é uma área nova na tecnologia moderna.

Ou também, a “**Robótica**” é uma ciência multi-disciplinar que reúne várias áreas científicas.

Para fazer um *robô* funcionar os engenheiros têm que dominar técnicas de diversos ramos da ciência desde:

- a Matemática; e
- a Física;
- a Economia (pois lida com produção);

até áreas da Engenharia como:

- a Mecânica;
- a Electrónica;
- a Teoria do Controlo de Sistemas;
- a Automação Industrial;
- a Visão Artificial por Computador;
- as Comunicações;
- o Processamento de Sinais;
- os Computadores;
- a Energia;

e muito mais.

Além disso,

os *robôs*,

ou, de um modo mais alargado,

*os dispositivos que integram sistemas automáticos incorporando metodologias robóticas,*

estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia.

Para essa disseminação de *robôs* que vemos hoje contribuíram decisivamente os *avanços* nas áreas:

- ◆ dos *computadores*; e
- ◆ das *comunicações*.

## Benefícios da Robótica.

Os *robôs*:

- não recebem salários;
- não comem;
- não bebem;
- não têm que ir à casa de banho;

como os humanos.

Eles fazem aquele trabalho *repetitivo* que seria extremamente *enfadonho* para nós,

- sem parar,
- sem diminuir o ritmo,
- sem sentir sono

como os humanos. Além disso, quando executam uma tarefa os *robôs* frequentemente fazem-na:

- mais rápidos; e
- mais eficazes

que os humanos.

Algumas características dos *robôs* manipuladores industriais e pelas máquinas automatizadas em geral podem ser resumidos abaixo:

- podem trabalhar 24 horas por dia sem descanso nem pausas;
- não perdem a concentração. A qualidade do seu trabalho é a mesma ao fim do dia como no início;
- libertam-nos do trabalho repetitivo e enfadonho;
- são mais seguros que o próprio homem em muitos trabalhos de rotina;
- são mais rápidos e mais eficientes que o homem na maior parte dos trabalhos;
- raramente cometem erros;

- podem trabalhar em locais onde:
  - há risco de contaminação;
  - há risco para a saúde;
  - há perigo de vida;
  - são de difícil acesso;
  - são impossíveis para o homem.

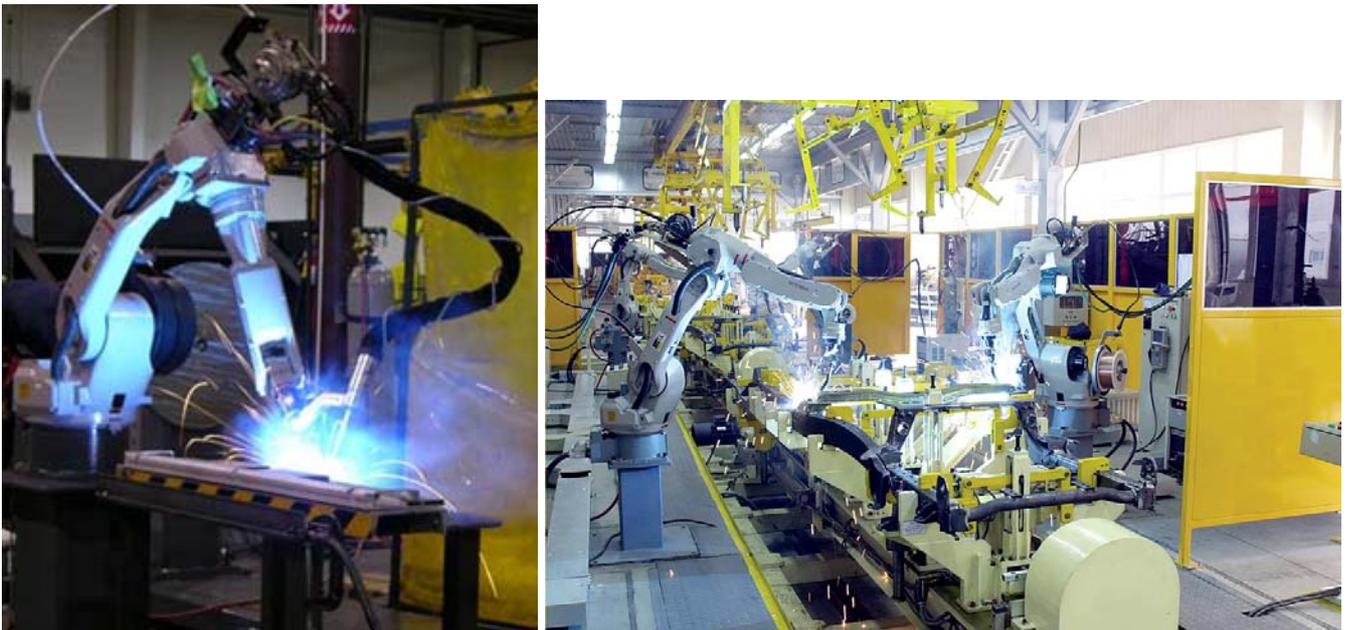


Fig. 4 - *Robôs* na indústria fazendo soldadura. Mais precisos que o homem e poupando os riscos para saúde.

Alguns dos benefícios gerados, por exemplo, pelos *robôs* manipuladores industriais na produção são:

- Redução de custos;
- Ganhos de produtividade;
  - Aumento de competitividade;
  - Controlo eficaz de processos;
  - Controlo de qualidade mais eficiente.

A robótica também permite uma inspeção dos produtos manufacturados que em alguns casos chegam a 100% dos mesmos.

Isso significa um “*controlo de qualidade*” que é feito não com apenas uma amostra dos produtos manufacturados, mas sim com todos.

Ou seja, nestes casos todos os produtos defeituosos são eliminados, e muitas vezes com uma precisão bem maior que quando feito pelos seres humanos (quando envolve inspeções micrométricas por exemplo).

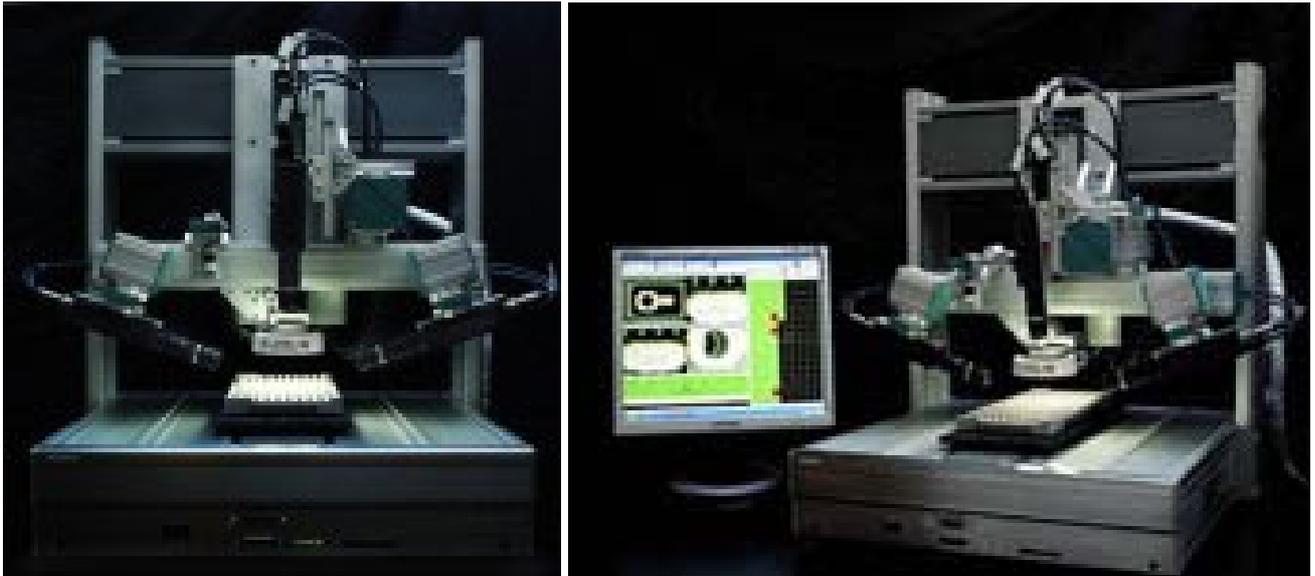


Fig. 5 - *Robô* fazendo inspeção de um produto com ajuda do computador.

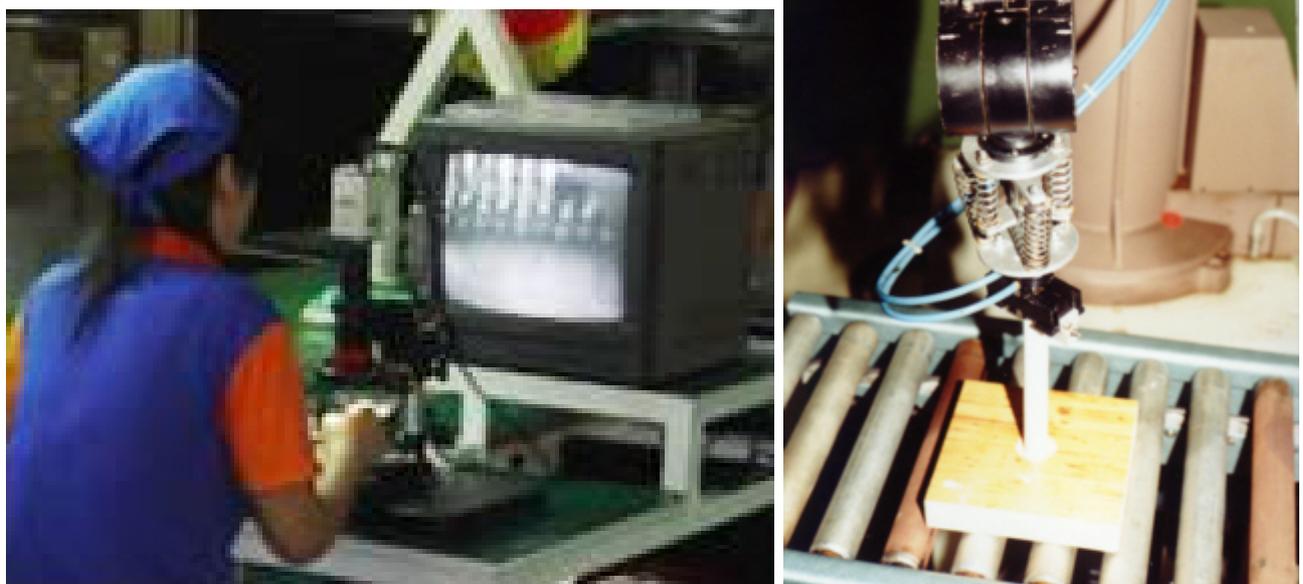


Fig. 6 - *Robôs* fazendo inspeção de produtos. Um controlo rigoroso que elimina as peças defeituosas com mais precisão que os humanos.

Alguns exemplos da importância da *inspecção dos produtos manufacturados*:

- na indústria farmacêutica é necessário verificar se os medicamentos são empacotados com os folhetos informativos (que acompanham os remédios) correctamente inseridos sem haver enganos ou trocas entre medicamentos diferentes;
- na indústria alimentícia é necessário verificar se os alimentos são empacotados com a data de validade correctamente escrita na embalagem, ou com a quantidade certa dentro da embalagem;
- etc.

Com isso reduz-se o retorno dos produtos com defeitos pelo mercado consumidor e temos produtos mais seguros e livres de defeitos para a Sociedade.



Fig. 7 - Produtos (*alimentos*) manufacturados com ajuda de *robôs* depois de colocados no mercado consumidor (*o supermercado neste caso*).

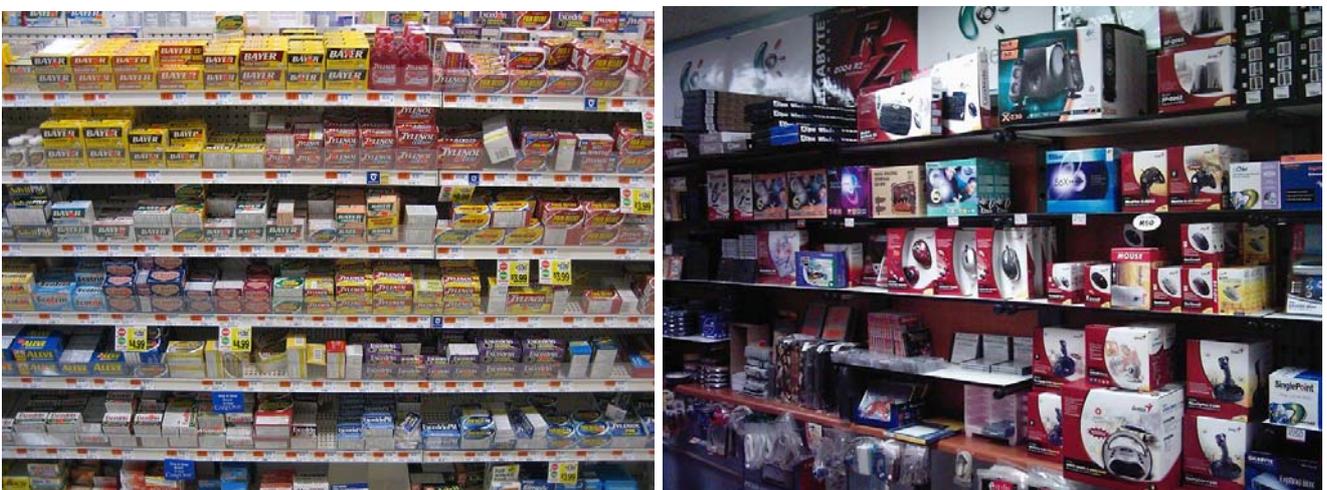


Fig. 8 - Fármacos (à esquerda) e aparelhos electrónicos (à direita) manufacturados com ajuda de *robôs* depois de colocados no mercado consumidor.

Antes de chegarem às prateleiras das lojas os produtos manufacturados já passaram por *inspeção, embalagem, etiquetagem, empacotamento, distribuição*, etc., com ajuda de *robôs* e *processos de automação*.

No passado os *robôs* foram por vezes retratados na literatura e no cinema como máquinas que assemelham-se com os humanos e que eles poderiam vir a reproduzirem-se e a dominar-nos.



Fig. 9 - *Robô* retratados na literatura e no cinema como máquinas que eventualmente poderiam dominar-nos.

Hoje nós não temos mais esta preocupação imediata de os *robôs* virem a dominar as nossas vidas mas nos preocupamos com o facto de eles estarem ocupando os nossos "postos de trabalho".



Fig. 10 - Os *robôs* na indústria tiram muitos postos de trabalho.

Mas os *robôs* também geram “*postos de trabalho*”, em outros níveis. Por exemplo:

- construtores de *robôs*;
- técnicos de manutenção;
- programadores;
- supervisores.

*Robôs* precisam ser projectados e construídos. Logo, as fábricas de *robôs* empregam muitos *engenheiros* e *funcionários* para criarem e construírem os *robôs* que serão usados nas indústrias e em outras actividades.



Fig. 11 - *Robôs* para funcionarem ininterruptamente precisam de ter manutenção permanente.

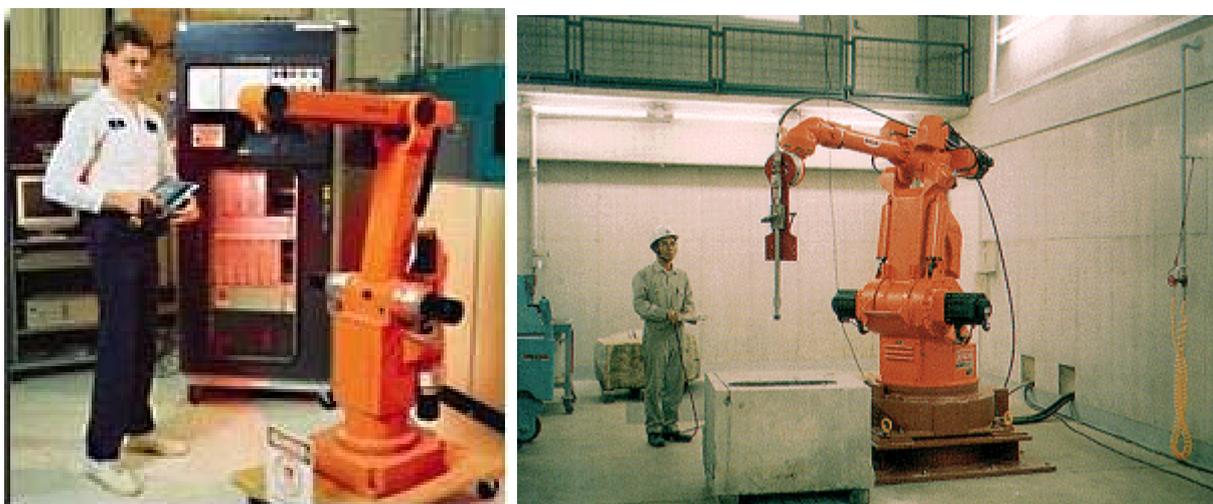


Fig. 12 - Técnicos fazendo a manutenção de *robôs*.

*Robôs* para funcionarem ininterruptamente precisam de ter manutenção regular. Assim como o nosso automóvel, os *robôs* precisam trocar óleo, de revisões periódicas, etc. Logo, onde há *robôs* também há *técnicos de manutenção* para cuidarem disso.

*Robôs* para executarem as tarefas que são necessárias precisam ser programados. Técnicos que estejam preparados para trabalhar com software's que os *robôs* trabalham. Logo, onde há *robôs* também é necessário que haja *técnicos* que os programem.

O trabalho dos *robôs* precisa ser observado e supervisionado. Logo, onde há *robôs* também é necessário que haja técnicos que façam a supervisão e o monitoramento para verificarem se as tarefas estão sendo executadas correctamente.



Fig. 13 - *Robôs* sendo desenvolvidos em laboratório. Os engenheiros projectam a cinemática, a dinâmica, o planeamento dos movimentos e a visão robótica.

Portanto, os “postos de trabalho” gerados pelos *robôs* não são daquele tipo de trabalhos monótonos que ele substitui, mas sim trabalhos de nível melhor, mais criativos.

Ou seja:

*A sociedade deve estar preparada para se adequar a esta nova realidade que é: a robótica e a indústria automatizada.*

## Robôs flexíveis.

Muitos *robôs* podem ser reprogramados para diferentes tarefas, eventualmente trocando o instrumento de suas mãos.

Desta forma um mesmo *robô* pode por vezes desempenhar tarefas como:

- *apertar parafusos,*
- *soldar,*
- *pintar,*
- *moldar,*
- *forjar,*
- *cortar,*
- *perfurar,*
- *moer,*
- *bater,*
- *misturar,*
- *separar,*
- *etc.*

Estes *robôs* são ditos serem *robôs flexíveis.*



Fig. 14 - Um *robô flexível* fazendo diferentes tarefas (na indústria da música e de vídeos). O mesmo *robô* coloca e tira peças na máquina de moldar, pinta, pulveriza, faz banho, faz limpeza de pequenas lentes, etc.

## Sensores.

Os *robôs* têm *sensores* de todo o tipo. Os *robôs* usam *sensores* para obter informações do seu mundo em volta, para desempenhar as suas tarefas, e em especial no manuseio dos produtos.

Vamos aqui ver que há sensores para muitas grandezas. Há *sensores*:

- *de posição,*
- *de distância,*
- *de visão,*
- *acústicos,*
- e muitos outros.

E quanto a natureza destes sensores também há muitos tipos. Há sensores:

- *ópticos,*
- *fotoelétricos,*
- *infra vermelhos,*
- *ultra sônicos,*
- etc.

Em geral um *sensor* mede uma característica do ambiente ou espaço em que ele está e proporciona sinais elétricos.

Estes dispositivos simulam os sentidos humanos, principalmente a ***visão***, o ***tacto***, a ***audição*** e o ***olfacto***.

Mas os *robôs* têm a vantagem de poder detectar características físicas que nós humanos não conseguimos detectar com os nossos sentidos, como por exemplo: os ***campos magnéticos***, ***ondas ultra-sônicas***, etc.

As dificuldades que os sensores por vezes têm são relacionadas com a interferência nas medidas que fazem, ou em outras. Ora o sensor pode sofrer a interferência, ora ele pode interferir em algumas grandezas do sistema. Por exemplo, os medidores de esforço ou pressão podem ser sensíveis à temperatura.

Em geral um *sensor* dá a sua medida como um sinal elétrico. Se desejamos a medida em outra grandezas é necessário usar um ***transdutor***.

***Transdutores*** são dispositivos que transformam um determinado tipo de energia (ou *grandezas físicas*) num outro tipo diferente.

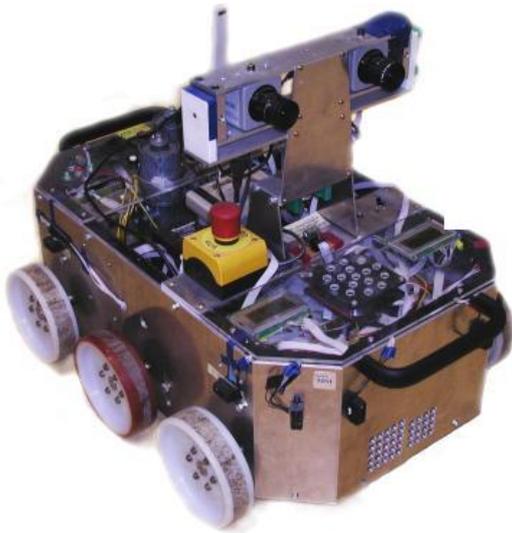


Fig. 15 - O *robô* Caesar II da Universidade de Frankfurt na Alemanha é equipado com habilidades visuais e sensoriais. Ele tem um par de câmaras stereo, vários sensores ultra-sônicos e infra-vermelhos.



Fig. 16 - Sensores ópticos se difundiram largamente nos últimos anos e hoje são usados até nos ratos de computadores.

## Sensores ópticos

Hoje sensores ópticos podem medir quase todas as grandezas físicas e um grande número de espécies químicas de interesse prático.

Alguns exemplos destas grandezas são:

- *temperatura;*
- *pressão;*
- *caudal;*
- *nível de líquidos;*
- *deslocamento;*
- *posição;*
- *velocidade;*
- *aceleração;*
- *vibração;*
- *rotação;*
- *campo magnético;*
- *força;*
- *esforço;*
- *espécies químicas;*
- *radiação;*
- *ph*
- *humidade,*
- *campo eléctrico;*
- *campo acústico;*
- *etc.*

Estes sensores são chamados de ópticos porque usam técnicas magnético ópticas, ou de laser, ou com fibras ópticas, ou de reflexão de luz ou outras radiações electromagnéticas.

As vantagens dos sensores ópticos (sobre os sensores não ópticos ou convencionais) são:

- maior sensibilidade;
- passividade eléctrica;
- livre de interferência magnética;
- larga amplitude dinâmica;
- configuração de ponto e distribuída (isto é, podem medir localmente ou uma região grande);
- capacidade multiplexadora (isto é, podem receber ou enviar vários sinais).

## A visão robótica

Os sensores *fotoeléctricos* de luz são uma forma de *visão* para a *robótica* e têm diferentes formas:

- *fotoresistências*;
- *fotodiodos*;
- *fototransistores*.

Estes sensores mudam a resistência, o diodo, ou o transístor conforme *detecta luz*.

Ou seja, quando um feixe de luz é detectado eles respondem seja criando ou trocando um sinal eléctrico que será analisado e o dispositivo tomará uma decisão.

Com o uso de filtros um sensor de luz pode criar respostas selectivas com as quais o *robô* unicamente poderá *ver* determinadas cores.

O uso de sensores de luz permite aos *robôs* se comunicarem.

Para sistemas mais complexos os *sensores* de luz não são suficientes.

Por exemplo: eliminar um produto defeituoso da banda transportadora numa linha de produção.

Esta é uma tarefa que os humanos fazem com certa facilidade mas porque não usam somente a *visão*, mas sobretudo o *cérebro*, na tomada de decisão.

Nestes casos os *robôs* necessitam do auxílio do computador para fazer a selecção com base em informações que os sensores de luz produzem.

Para isto o computador muitas vezes tem que usar técnicas de *Inteligência Artificial* que simulam o funcionamento do nosso *cérebro* na tomada de decisões.

O computador processa e envia uma informação de volta para o dispositivo *robótico* com uma ordem (de *aceitar* ou *rejeitar* o produto).



Fig. 17 - *Robôs* que se deslocam automaticamente dependem da *visão robótica*. Estes *robôs* são chamados *AGV (Automated Guided Vehicles)* e *LGV (Laser Guided Vehicle)*, frequentemente usados para fazer o *transporte de materiais* na indústria (caso das fotos ao centro e à direita). Nós voltaremos a falar neles no próximo capítulo (*Robôs na indústria*).

Os sensores de *infra-vermelho* são usados para comportamentos simples dos *robô*, como por exemplo, evitar obstáculos ou mesmo para os *robôs* se deslocarem.

O *robô* emite um raio para um obstáculo e mede a distância de maneira similar a um radar (*em aviões*) ou sonar (*em navios*).



Fig. 18 - Os *robôs* que jogam futebol, como os cãesinhos *Aibo* da SONY, também dependem da *visão robótica* para se orientarem no campo, localizarem a bola, o golo, etc.

Mas mesmo a *visão robótica* pura e simples é ainda muito imperfeita e portanto, um dos grandes reptos para a engenharia de hoje em dia.

Para poder gerar imagens tridimensionais a partir de 2 imagens muito semelhantes em um tempo curto se requer uma grande quantidade de memória e de um processador muito poderoso.

É difícil programar um *robô* para que ele saiba o que deve ignorar e que não deve ignorar das imagens que ele “vê”.

Os *robôs* têm problemas para interpretar

- **sombras,**
- **trocas de luzes, e**
- **brilho.**

Além disso, para poder ter percepção da profundidade é necessário que tenham *visão estereoscópica*, como nós humanos que temos dois olhos.

Outro dos grandes inconvenientes é ter que interpretar imagens tridimensionais.

## Sensores de tacto e de posição

Os sensores **de tacto** também ajudam aos **robôs** (que não têm capacidade de **visão**) a caminhar.

Os sensores contactam e enviam um sinal para que o **robô** saiba que há tocado com algum objecto.

Os **sensores** mais comuns para isto são os do tipo **pizzoelectrico**.

Com os **sensores de posição** tornam possível ensinar a um **robô** a fazer uma função repetitiva em função dos seus movimentos.

Os sensores localizados em certos pontos do próprio **robô** guardam informações sobre as trocas de posições.

Desta forma o **robô** poderá então recordar a informação e repetir o trabalho na forma exacta que foi realizado inicialmente.

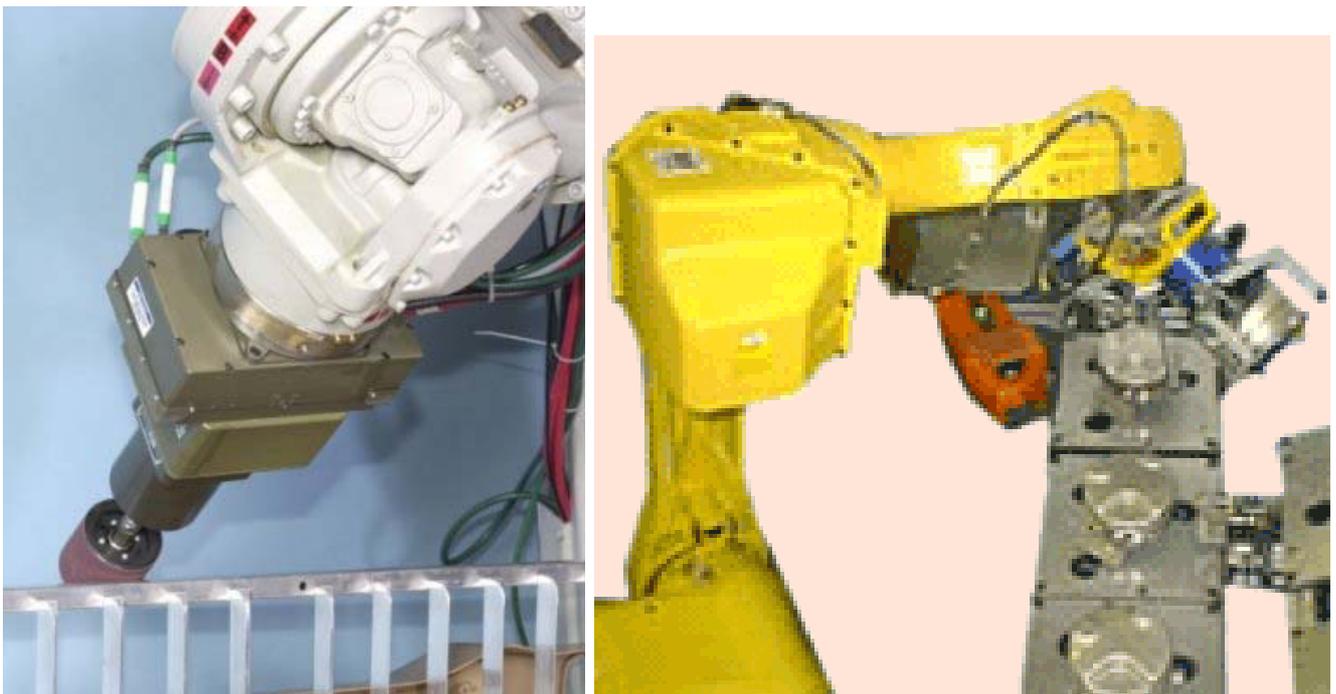


Fig. 19 - Com ajuda de **sensores de tacto** e **de posição** os **robôs** podem memorizar os movimentos de uma tarefa e depois repeti-la por vezes e vezes sem fim e sempre da mesma forma.

Alguns outros tipos de **sensores robóticos**, ou combinação dos já mencionados acima:

- **Acelerómetro:**  
Detecta movimentos, vibrações, e ângulos com respeito à gravidade.
- **Sensor de corrente:**  
Mede o uso de corrente e potência pelo robô.
- **Bússola digital:**  
Detecta orientação com respeito ao campo magnético terrestre.
- **Encoders:**  
(*Linear* ou *translacional*, *Rotary* ou *de rotação* e *Slot* ou *de ranhura*):  
Usado para determinar distância translacional, velocidade rotacional e/ou ângulo das partes móveis do *robô*.
- **Emissor e detector infra-vermelho:**  
Emite e detecta raios infra-vermelho. Pode ser usado para sinalizar, para evitar obstáculos, e para detectar cor.
- **Sensores de carga e de momento (torque):**  
Mede momentos e outras forças do *robô*.
- **Rangefinder:**  
Detecta limites de obstáculos de poucos centímetros até vários metros. Modulado para estar imune a irradiações de infra-vermelho do ambiente.
- **Sonar ou sensor ultra sónico:**  
Detecta obstáculos e pode determinar a dureza / maciez dos objectos pela eco-locação.
- **Chaves tácteis de choques:**  
Detecta contacto físico do *robô* quando colide com algo.
- **Sensor piro-eléctrico:**  
Detecta fogo e outras fontes de calor (como velas acesas, chamas, etc.). Também é usado para detectar movimento de pessoas e animais, pois irradiam calor do seu corpo.

Um exemplo: o *robô Neptune* construído na Universidade Carnegie Mellon em New Jersey nos Estados Unidos para fazer exames do interior de tanques e reservatórios de combustíveis.

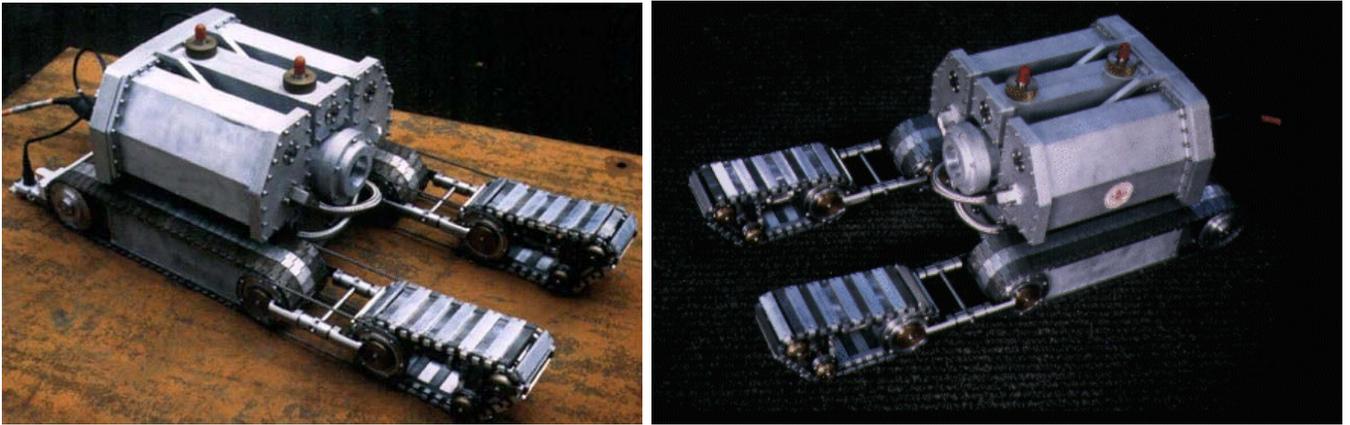


Fig. 20 - O *robô* construído na Universidade Carnegie Mellon nos Estados Unidos para fazer inspeções do interior de tanques e reservatórios de combustíveis.

Este *robô Neptune* usa

*sensores acústicos*

para sua navegação e

*sensores de corrosão*

para avaliar a deterioração do fundo e das paredes dos tanques e reservatórios que ele examina.

Ele também usa

*sensores de visão*

(*carrega uma câmara*) para permitir a inspeção das deteriorações visíveis que ficam registadas em vídeo.

### Actuadores.

Os *actuadores* são usados em automação para entregar ao sistema a excitação necessária para seu funcionamento, na forma do tipo de energia adequado.

Se o funcionamento do sistema estiver baseado em algum movimento de uma de suas partes, serão necessários *actuadores* para fornecer energia mecânica para o movimento.

Se o sistema for térmico, será necessário um *actuador* que forneça energia térmica para atingir uma dada temperatura desejada.

Os actuadores se dividem em:

- *hidráulicos*;
- *pneumáticos*;
- *eléctricos*.

Os *actuadores hidráulicos* se caracterizam por terem como fonte de energia um líquido que se desloca por um conduto com uma pressão adequada.

Este líquido é geralmente “óleo” ou “água”.

O *actuador pneumático* tem como fonte de energia um gás pressurizado, geralmente ar comprimido.

Já os *actuadores eléctricos* usam energia eléctrica.

## Actuadores hidráulicos

Os *actuadores hidráulicos* são os mais antigos pois foram os primeiros a serem usados.



Fig. 21 - Actuadores hidráulicos.

## Actuadores pneumáticos

Os *actuadores pneumáticos* são normalmente empregado em sistemas onde se requer altas velocidades nos movimentos, com pouco controlo sobre o posicionamento final, em aplicações onde o momento exigido é relativamente baixo.

Os *actuadores* pneumáticos funcionam com energia pneumática (ar comprimido) e executam movimentos lineares, rotativos e semi-rotativos ou angulares.

As três variáveis básicas para o controlo desses movimentos são o *sentido do movimento*, a *velocidade* e a *força*.

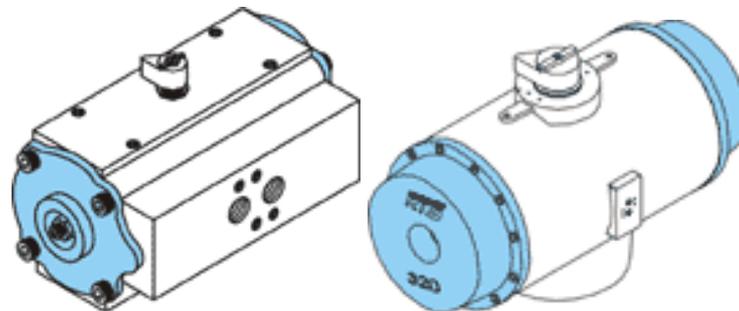


Fig. 22 - Actuadores pneumáticos.

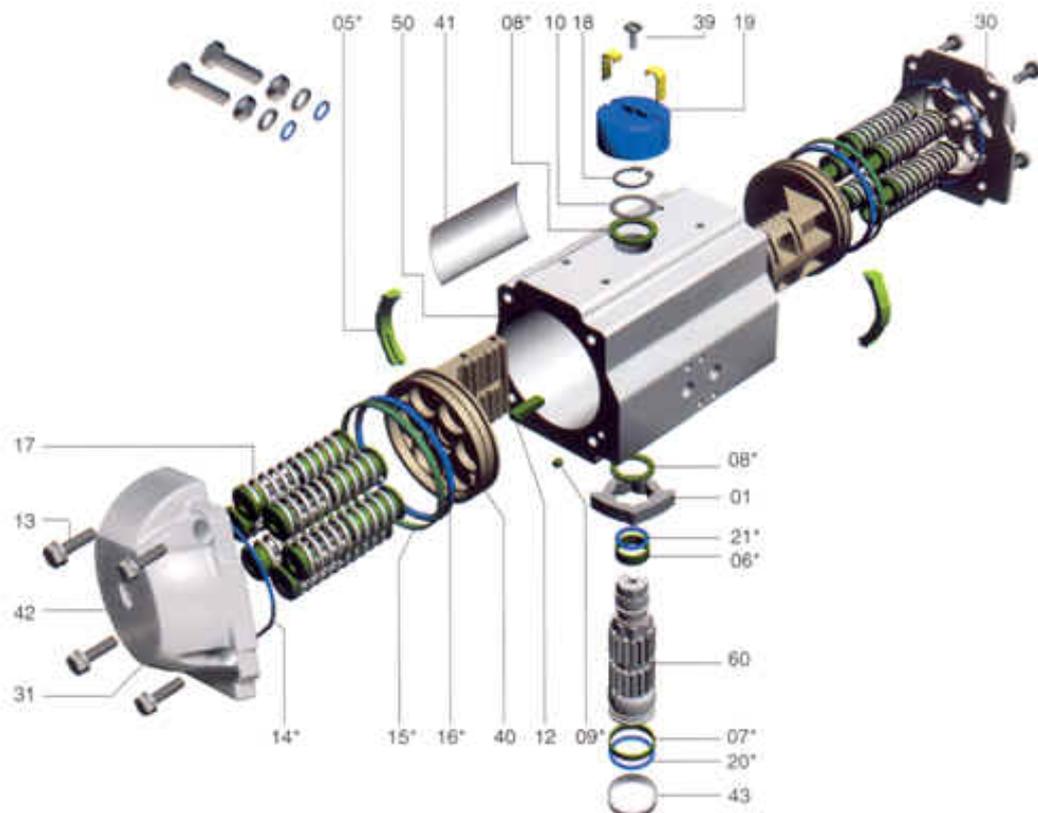


Fig. 23 - Um actuadores pneumático.

Em **processos de manufactura** pode ter actuadores lineares como pistões pneumáticos de simples e dupla acção e actuadores rotativos, como motores pneumáticos.

Em **processos contínuos**, a válvula de controlo é um actuador capaz de regular o caudal de um fluido (*líquido, gás ou vapor*) que escoia através de uma tubulação, por meio do posicionamento relativo de um obturador que obstrui a área livre de passagem do fluido.

Nestas válvulas a actuação é feita, na maioria das vezes, por dispositivos pneumáticos, por isto são chamadas também de válvulas de controlo pneumático.

## Actuadores eléctricos

*Actuadores eléctricos* Rotativos são equipamentos electromecânicos que substituem com alta confiabilidade a operação manual de válvulas em:

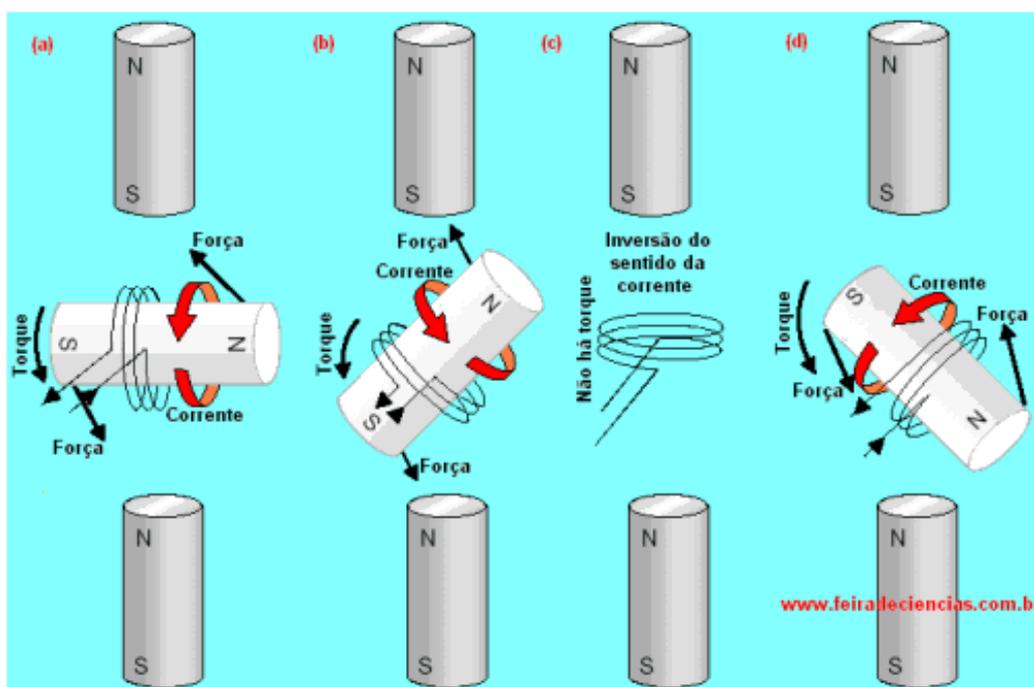
- locais de difícil acesso ou periculosidade elevada para o operador;
- casos que demandam conjugado de actuação elevado;
- condições onde for requerido posicionamento rápido, especialmente em válvulas cujo número total de voltas seja grande;
- regime de trabalho com alta-frequência de manobras;
- controlo automático de processos onde as válvulas operam em duas posições extremas ou com reposicionamentos intermediários (modulação).



Fig. 24 - Actuadores eléctrico.

Um *motor eléctrico* simples consiste de uma bobina que gira entre dois ímãs permanentes.

- Os pólos magnéticos da bobina (representados como ímã) são atraídos pelos pólos opostos dos ímãs fixos.
- A bobina gira para levar esses pólos magnéticos o mais perto possível um do outro mas,
- ao chegar nessa posição o sentido da corrente é invertido e
- agora os pólos que se defrontam se repelem, continuando a impulsionar o rotor.



## Motores de passo

Um motor de passo é um tipo de motor eléctrico que é usado quando algo tem que ser posicionado muito precisamente ou girado em um ângulo exacto.

Em um motor de passo, um ímã permanente é controlado por uma série de campos electromagnéticos que são activados e desactivados electronicamente.

Desse modo, é uma mistura entre um motor de corrente contínua e um solenóide.

Motores de passo não usam escovas ou comutadores.

Muitos dispositivos computadorizados (drives, CDRom etc.) usam motores especiais que controlam os ângulos de giro de seus rotores.

Em vez de girar continuamente, estes rotores giram em etapas discretas; os motores que fazem isso são denominados *motores de passo*.

O rotor de um *motor de passo* é simplesmente um ímã permanente que é atraído, sequencialmente, pelos pólos de diversos electroímãs estacionários, como se ilustra:



Fig. 25 - Motor de passo controlando webcam.

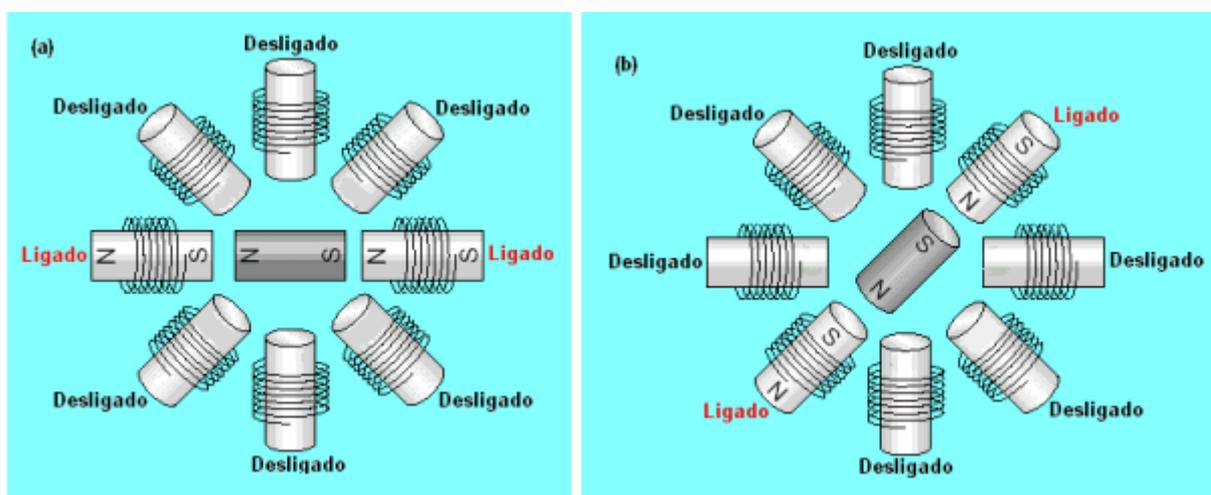


Fig. 26 - Motor de passo.

Num motor de passo, o rotor é atraído por um par de pólos do estator e a seguir, por outro.

O rotor movimenta-se por etapas discretas, pausando em cada orientação, até que novo comando do computador active um jogo diferente de electroímans.

Estes electroímans são ligados/desligados seguindo impulsos cuidadosamente controlados de modo que os pólos magnéticos do rotor se movam de um electroíman para outro devidamente habilitado.

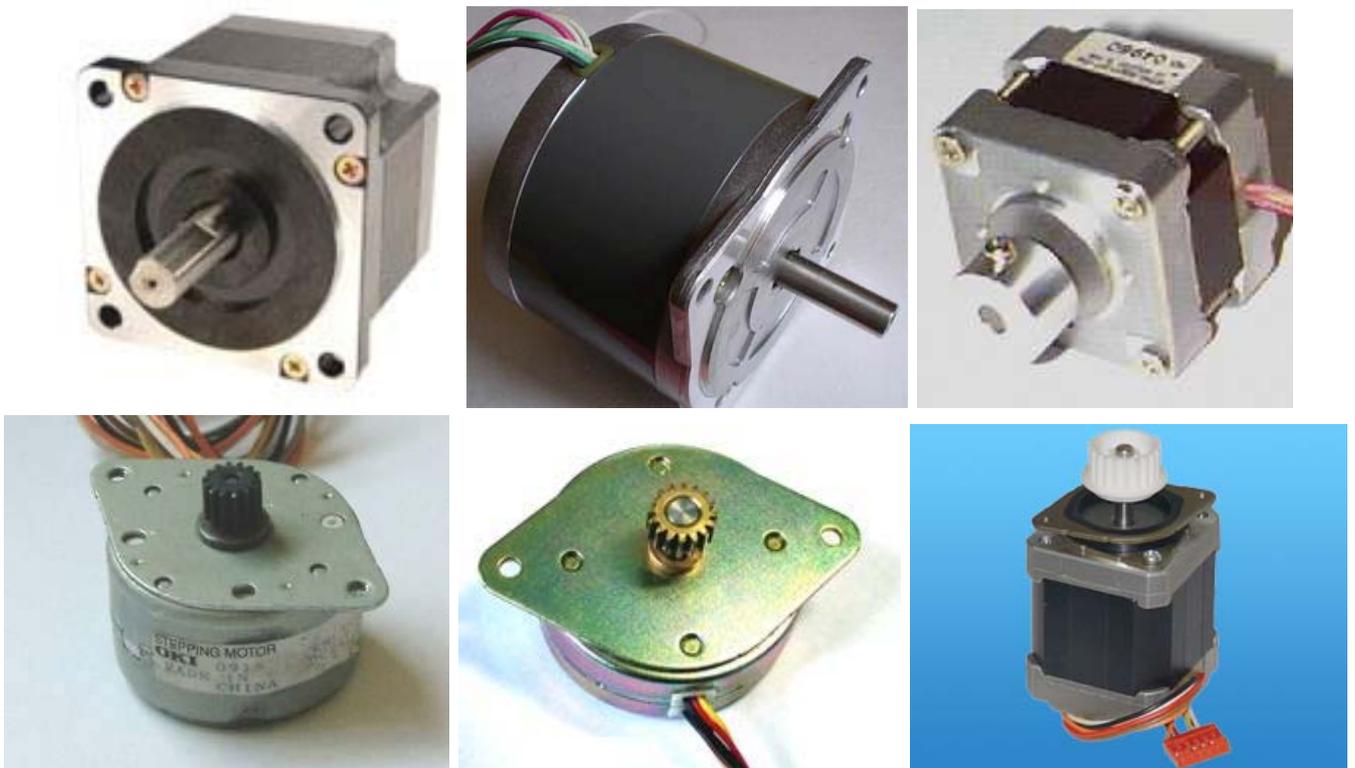


Fig. 27 - Motores de passo.

---XXX---