

# Automação de Sistemas - Turma 2024A

## 2.2 Robôs industriais manipuladores

### Robô industrial manipulador

Anteriormente foram apresentados os robôs industriais, conforme a Associação das Indústrias da Robótica (RIA) como: “Um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas”.

Essa definição na verdade caracteriza os robôs manipuladores, que são os mais utilizados nas indústrias. Pela definição podemos extrair algumas conclusões:

- A tarefa a ser realizada deve estar previamente definida pelo programa; e
- Os robôs manipuladores têm como principal objetivo deslocar materiais, que trabalharão sobre uma peça, sistemas de visão que irão monitorar processos entre outras possibilidades.

O tipo mais conhecido de robô industrial é o braço mecânico. Consiste em uma série de corpos rígidos interligados por juntas que permitem um movimento relativo entre si, assemelhando-se assim à forma de um braço humano, e, às vezes, quase com as mesmas possibilidades de movimentos.

Todo robô manipulador tem em algum ponto da sua estrutura física um dispositivo chamado de efetuator, ou atuador. Esse dispositivo tem como função operar sobre o objeto a ser manipulado, e pode ser uma ferramenta, como uma tocha de solda, um dispositivo especial como uma câmera de vídeo, mas em geral, trata-se de algum tipo de garra capaz de segurar uma peça com o intuito de deslocá-la pelo espaço de trabalho do robô. Normalmente os robôs industriais permitem trocar esse dispositivo com certa facilidade e, em alguns casos, trocam-no

automaticamente durante a tarefa a ser realizada.

## Estrutura dos robôs manipuladores

Os robôs industriais são projetados com o intuito de realizar um trabalho produtivo de forma extremamente versátil. O trabalho é realizado quando o robô movimenta sua estrutura a fim de deslocar o objeto a ser manipulado. A estrutura do robô consiste em uma série de corpos rígidos que se denominam elos (ou links em inglês). Esses elos podem ter diversos tamanhos e formas, dependendo da aplicação.

Os elos são unidos por juntas motorizadas que lhes permitem um movimento relativo, com o acionamento monitorado pelo sistema de controle. Este conjunto forma então uma cadeia cinemática aberta, onde a posição do último elo depende da posição das juntas anteriores. A primeira junta está normalmente montada sobre uma superfície fixa, que chamamos de base. No último elo existe um flange para a montagem do efetuator, que se chama punho.

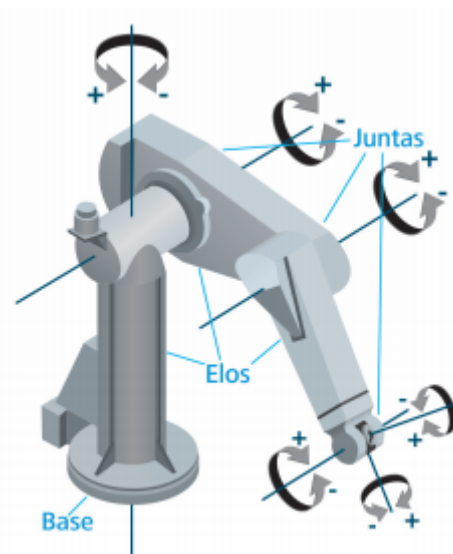


Figura 1 - Componentes de um robô industrial

Fonte: CTISM

As juntas de um robô podem ser de dois tipos:

- **Revolução:** juntas rotativas, com movimentos angulares; ou
- **Prismáticas:** onde há um movimento linear entre os elos.

Obviamente não há necessidade de todas as juntas de um robô manipulador serem de um mesmo tipo, podendo compor a cadeia cinemática com qualquer combinação de juntas de revolução e prismáticas, conforme a aplicação projetada.

## Classificação dos robôs

Um robô industrial pode ser classificado de diversas formas, como:

- Graus de liberdade; e
- Geometria da cadeia cinemática.

### Graus de liberdade

O número total de juntas do manipulador é conhecido com o nome de graus de liberdade ou dof, em inglês. Um manipulador típico possui 6 graus de liberdade, ou seja, é formado por 6 juntas. Um robô de 6 graus de liberdade tem a capacidade de posicionar a peça em qualquer ponto do espaço, e com qualquer orientação. As 3 primeiras juntas são de posicionamento do efetuador dentro do espaço de trabalho (coordenadas X, Y e Z) e as outras 3 servem para obter uma orientação do efetuador adequada para segurar o objeto.

### Geometria da cadeia cinemática

Essa classificação é definida pela anatomia do robô, ou seja, os tipos de juntas utilizados em seus três primeiros elos são:

- Articulados;
- Cartesianos;
- Paralelos; e
- SCARA.

## Robôs articulados

Possuem todas as juntas de revolução. São os chamados braços mecânicos. Possuem uma grande liberdade de movimentos, e apresentam um espaço de trabalho de forma complexa. Por sua versatilidade, robustez mecânica, construção relativamente simples e fácil controle é o modelo mais utilizado na indústria, realizando tarefas como manipulação de componentes, solda, pintura e automação de linhas de fabricação.

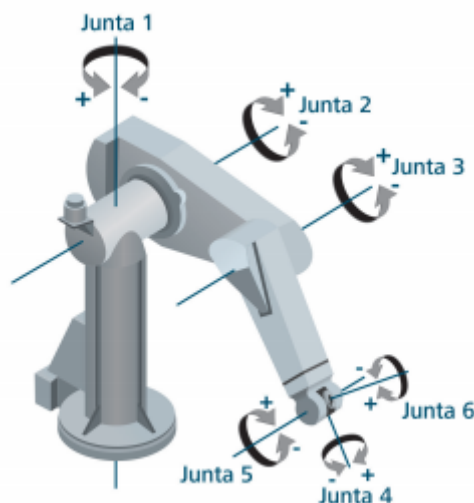


Figura 2 - Robô articulado com 6 graus de liberdade

Fonte: CTISM

## Robôs cartesianos

São caracterizados por terem três juntas prismáticas, ou seja, há três eixos lineares, formando um envelope de trabalho na forma de um cubo. São utilizados onde se necessita de uma ampla área de trabalho, podendo acessar os componentes normalmente pela parte superior, em alguns casos chegando a ser verdadeiras pontes rolantes automatizadas.

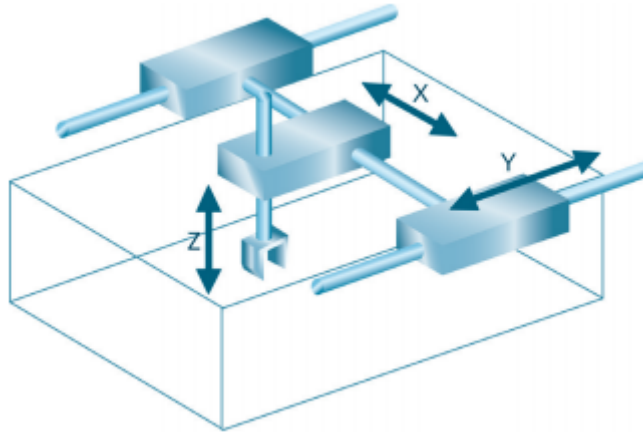


Figura 3 - Robô cartesiano

Fonte: Site da NASA

### Robôs paralelos

Possuem três ou mais eixos montados em uma configuração especial, ligados em paralelo, formando uma cadeia cinemática fechada. Isto torna o controle desses robôs bastante complexo, porém também permite velocidades de trabalho muito altas. Em geral, são os robôs mais rápidos. Amplamente utilizados em sistemas de “pick-and-place”, ou seja, pegar componentes e posicioná-los, principalmente em linhas de embalagem.



Figura 4 - Robô paralelo

Fonte: Site Plant Automation

## Robôs SCARA

É uma configuração especial dedicada às atividades de montagem, normalmente com apenas 4 graus de liberdade. Nesse tipo de robô, os 3 primeiros eixos são de revolução, e o quarto eixo é prismático, todos posicionados na vertical. Essa configuração torna o robô bastante simples e, portanto, barato, permitindo ainda grande precisão de posicionamento. Amplamente utilizado na indústria eletrônica para a montagem automática de componentes em placas de circuito impresso.

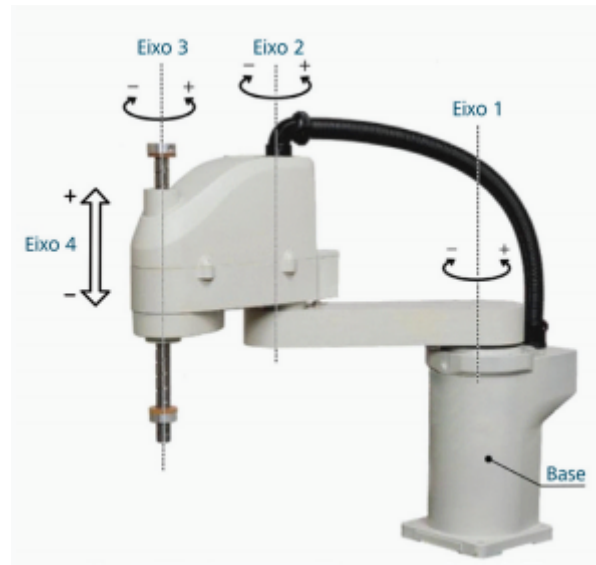


Figura 5 - Robô SCARA

Fonte: Site EuroBots

## Especificações de um robô industrial

Além das características construtivas básicas estudadas anteriormente, os robôs industriais possuem uma série de características que devem ser levadas em consideração:

- **Capacidade de carga** – é a máxima carga que o robô consegue manipular. Deve-se considerar o peso do atuador (garra) mais o peso da peça. Leva-se em consideração não apenas a força disponível, mas também a rigidez do robô e as acelerações que ocorrem durante os movimentos. Robôs industriais podem ter capacidade de carga de até mais de uma tonelada.
- **Espaço de trabalho** – é a região do espaço que o punho do robô consegue alcançar, definida pelos limites de movimentos de seus elementos. Devido a geometria das juntas e elos, normalmente é um espaço complexo. Simplificando define-se como alcance horizontal a maior distância que o robô pode alcançar, em relação ao centro de sua base.
- **Precisão** – normalmente especificada pela repetibilidade do robô. Expressa a diferença máxima com o qual o robô consegue repetir uma posição do seu punho. Por exemplo, um robô com repetibilidade de 0,1 mm consegue posicionar uma peça em qualquer local de seu espaço de trabalho com uma variação de posição máxima de 0,1 mm entre um movimento e outro.
- **Velocidade** – normalmente é especificada a velocidade angular máxima dos eixos do robô, em graus por segundo. Essa velocidade reflete a velocidade com que o robô consegue mover as peças.

## Tipos de programação

A grande vantagem dos robôs é a facilidade de serem reprogramados para realizar as mais variadas tarefas, porém esta reprogramação implica custos que devem ser minimizados.

O programa de um robô consta basicamente de uma sequência de pontos no espaço por onde o robô deve se mover. Esses pontos formam a trajetória do robô. Essa trajetória pode conter paradas, pontos onde o atuador deve ser ligado ou desligado (garra, tocha de solda, ...) e também pode possuir uma lógica que interaja com outros elementos da instalação através das interfaces disponíveis do robô (sensores, câmeras, comunicação em rede, ...).

Podemos citar 3 modos de programação:

- Programação on-line;
- Programação off-line; e
- Programação híbrida off/on-line.

### Programação on-line

Essa programação é feita diretamente no robô. Foi o primeiro sistema de programação e ainda é bastante utilizado, pois é o mais simples. O robô é movimentado manualmente através de sua interface e os pontos e ações são memorizados individualmente. Por exemplo, o programador move o robô através do *teach pendant* e memoriza as sequências de carga e descarga de peças. Nesse modo de programação, podemos observar algumas vantagens e desvantagens:

- Vantagens
  - Facilmente acessável. Normalmente é um modo de controle padrão do robô;
  - Pode ser realizada pelo próprio operador.
- Desvantagens
  - Exige parada na produção;
  - É lenta, pois por questões de segurança o robô trabalha em velocidades baixas durante a programação;
  - Custo da hora de programação é equivalente ao da hora de produção;
  - Erros do programador podem resultar em danos ao robô;
  - Operações lógicas e cálculos são difíceis de serem implementados;
  - Pouca documentação sobre o programa.

Como os robôs industriais representam investimentos de alto valor é de se esperar que tenham também fatores de utilização elevados. Com isso, a necessidade de parada para programação é uma desvantagem muito forte da programação on-line. Soma-se a isso a tendência a termos programas cada vez maiores e mais complexos.

## Programação off-line

Na programação off-line o programa é gerado fora do controlador do robô, normalmente em um PC, e, portanto, podemos ter uma série de ferramentas para auxiliar nesta programação. Estas ferramentas podem ser desde simples editores de texto com verificação de sintaxe até complexos sistemas de simulação em 3 dimensões.

Há também uma série de vantagens e desvantagens:

- Vantagens
  - Não necessita parada da máquina durante a elaboração do programa;
  - Custo independente da hora de produção;



- Fácil verificação do programa através de ferramentas de simulação e visualização;
- Pode ser bem documentado;
- Existem pacotes disponíveis para geração automática de trajetórias de solda, corte, etc;
- Pode-se analisar e refinar os processos de uma célula antes da instalação, ou mesmo de aquisição dos equipamentos.
- Desvantagens
  - Investimento em ferramentas (software) de programação off-line;
  - Necessita de programadores especializados;
  - Necessita de um modelo completo da célula de manufatura;
  - Pontos são memorizados através do modelo, necessitando-se de um ajuste fino on-line, ou o uso de sensores.

Com o grande desenvolvimento da informática essas ferramentas, e principalmente o poder de processamento necessário, estão se tornando cada vez mais acessíveis. Também temos a favor o fato de que o projeto das células de manufatura estão migrando rapidamente para a modelagem em 3D, tornando disponíveis os modelos necessários para simulação.

### Programação híbrida

É basicamente a otimização do processo de programação onde se aproveitam as vantagens de cada método, ou seja, a lógica é programada e testada off-line com o cuidado de permitir que os pontos possam ser adquiridos e/ ou ajustados on-line. Com isso obtém-se uma grande flexibilidade para ajustar o programa a qualquer mudança no layout da célula.

---

Este material foi baseado em:

BAYER, Fernando Mariano; ECKHARDT, Moacir; MACHADO, Renato. **Automação de Sistemas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Rede e-Tec, 2011.

Última atualização: sexta, 18 ago 2023, 10:54

◀ 2.1 Robótica industrial

Seguir para...

2.3 Teste seus conhecimentos ▶