



Universidade Federal de Lavras

Robótica

Prof. Leonardo Paiva

Email: leonardopaiva@deg.ufla.br

Contato: (35) 2142-2073

Objetivos:

Conhecimentos sobre cinemática, estática e dinâmica de robôs manipuladores de cadeia aberta, fornecendo aos alunos a capacidade de modelar robôs e planejar trajetórias.

Abordagem das técnicas mais aplicadas no controle de posição e trajetória de manipuladores.

Operação e programação básica de robôs.

Robótica Fixa (Manipuladores)



Súmula: Parte I

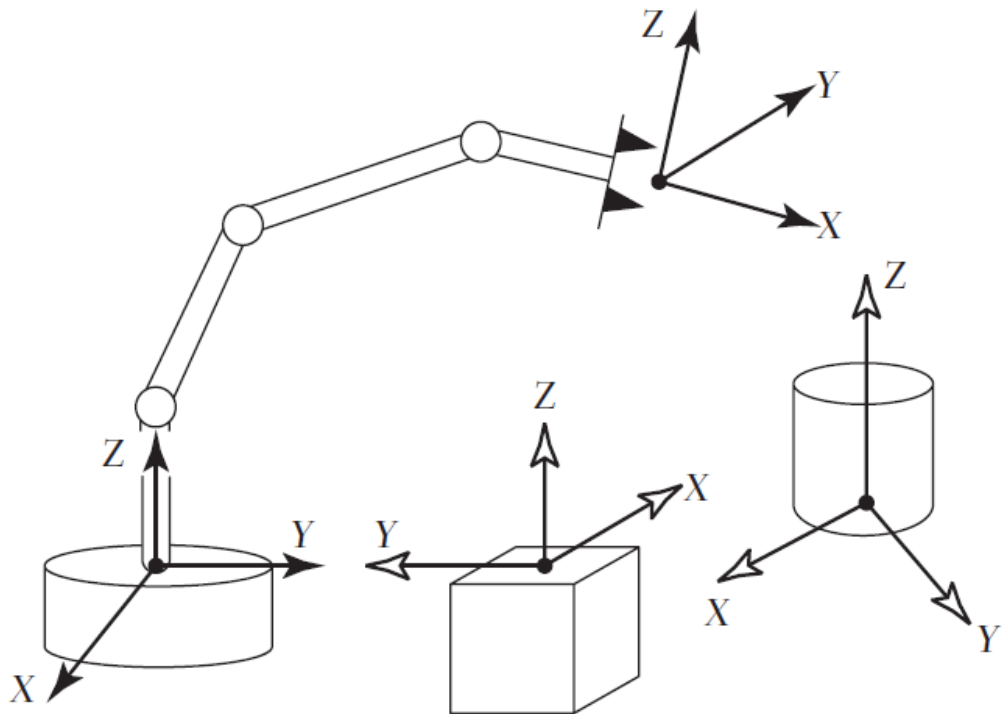
- Apresentar os conceitos básicos de Robótica:
 - Introdução
 - Classificação de robôs
 - Componentes de um robô
 - Graus de liberdade (DOF)
 - Coordenadas robótica
 - Sistemas de referência
 - Espaço de trabalho
 - Aplicações de robôs

Súmula: Parte II

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Descrição de posição e orientação

Sistemas de coordenadas ou “sistemas de referência” são atrelados aos manipuladores e aos objetos do ambiente

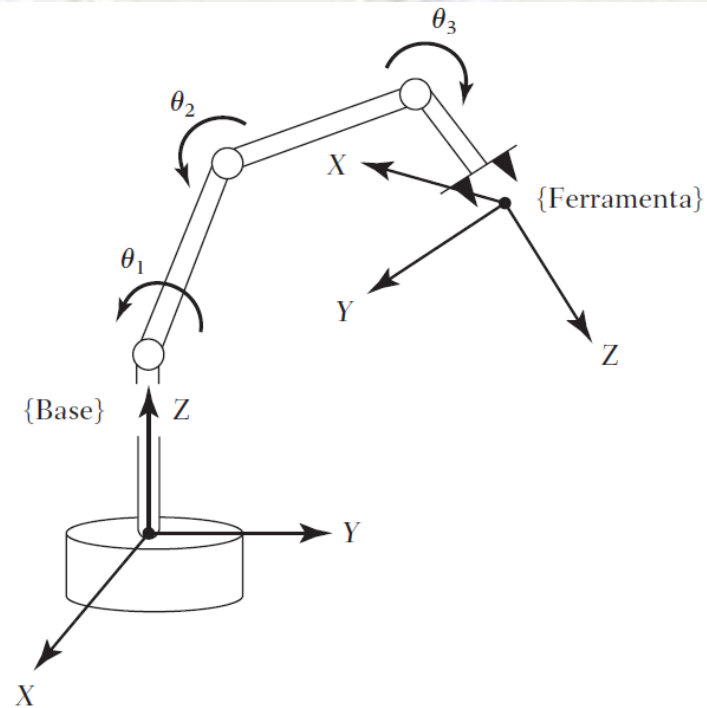


Súmula: Parte III

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Cinemática direta dos manipuladores

Equações cinemáticas descrevem o sistema de referência da ferramenta com relação aos sistema da base como uma função das variáveis das juntas

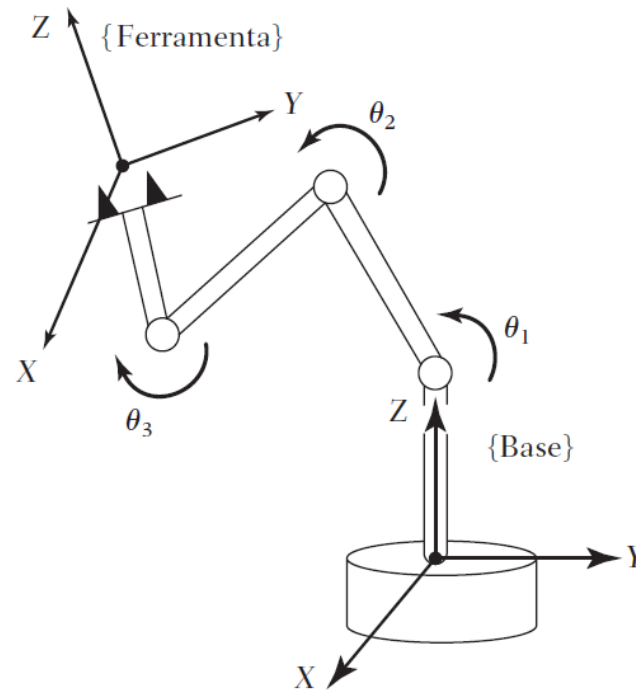


Súmula: Parte IV

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Cinemática inversa dos manipuladores

Para uma dada posição e orientação dos sistemas de referência da ferramenta, valores para as variáveis das juntas podem ser calculados pela cinemática inversa

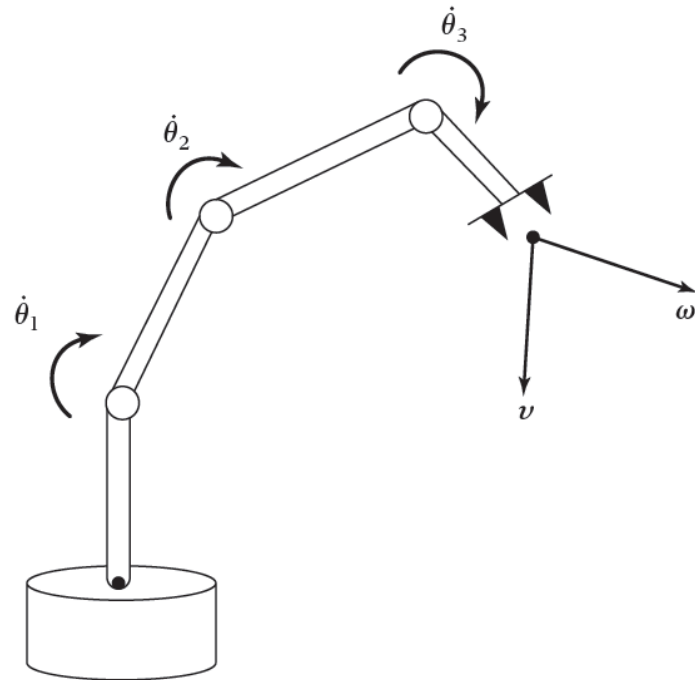


Súmula: Parte V

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Velocidades, forças estáticas e singularidades

A relação geométrica entre a velocidade das juntas e a velocidade do efetuador pode ser escrita em uma matriz chamada de jacobiano

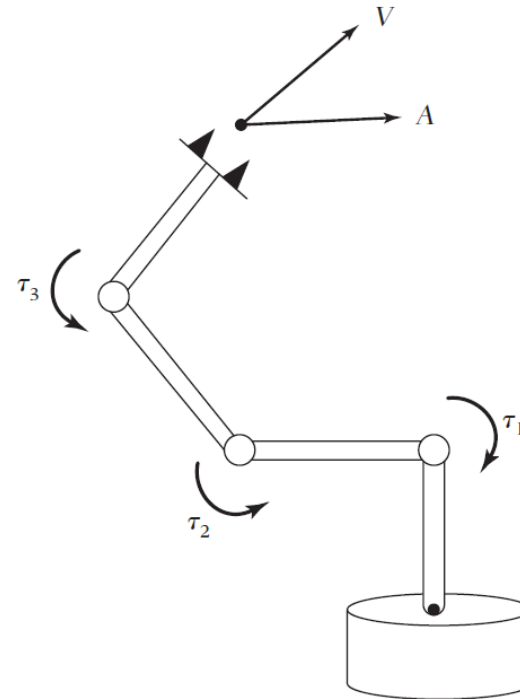


Súmula: Parte VI

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Dinâmica

As relações entre os torques aplicados pelos atuadores e o movimento resultante do manipulador estão incorporados nas equações dinâmicas de movimento

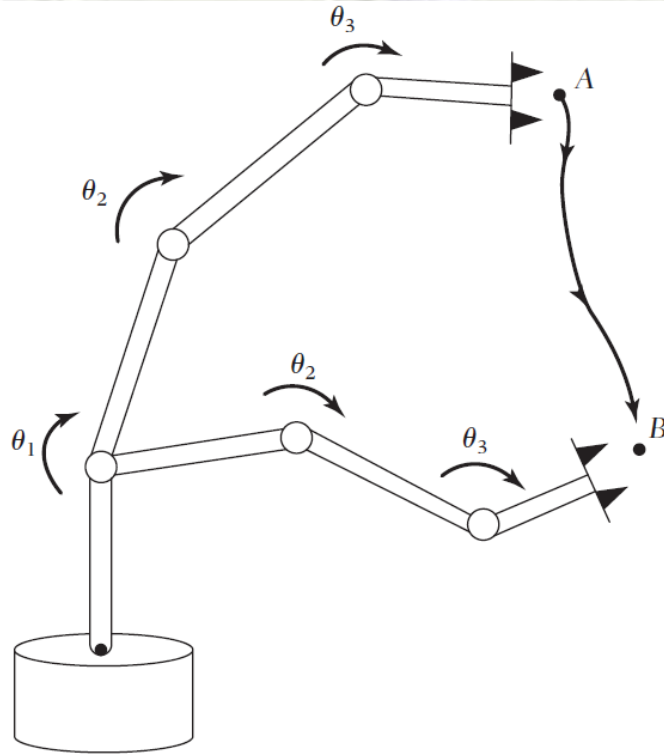


Súmula: Parte VII

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

Geração de trajetórias

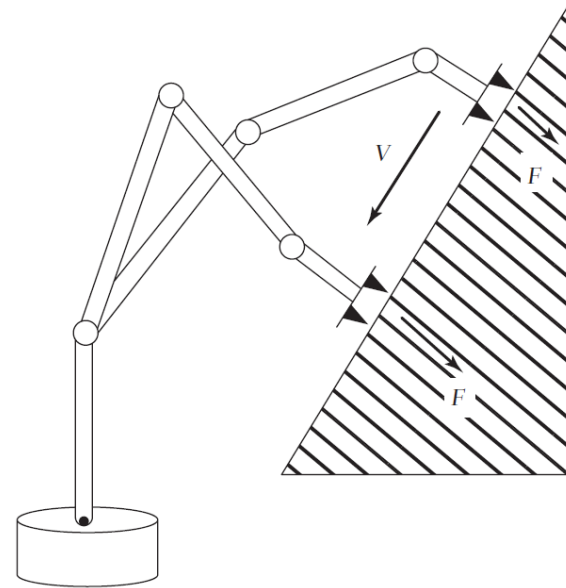
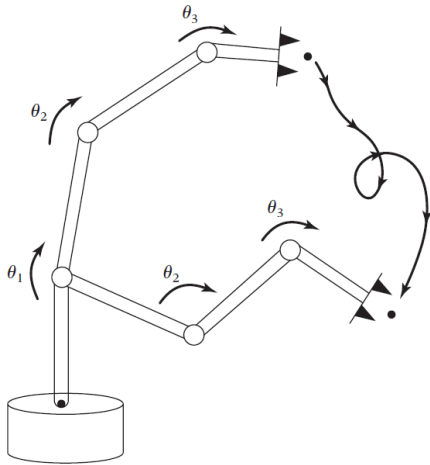
Para movimentar o efetuador pelo espaço do ponto A ao ponto B temos de computar a trajetória que cada junta deverá seguir



Súmula: Parte VIII

- Mecânica e controle dos manipuladores mecânicos.

**Controle de posição linear e não-linear
uni e multi-objetivo**



Metodo de avaliação:

Avaliações:

3 avaliações (25pts, 30pts e 30pts) – **Datas a definir**

Atividades avaliativas:

15 pontos cada (**Datas serão definidas ao longo do semestre**)

- **Para os alunos que não aprovados durante o semestre, será realizado como estratégia de recuperação uma avaliação, contendo todo o conteúdo da disciplina e cuja nota final será a média entre a nota do semestre e a nota da avaliação substitutiva se limitando a um valor máximo de 60 pontos.**

Notas Importantes:

- Revisões de avaliações poderão ser efetuadas em até 10 dias após o lançamento da nota da respectiva avaliação no SIG.
- Códigos compartilhados serão motivo de anulação de toda a avaliação (teórica e prática).
- Atividades avaliativas entregues fora do prazo estipulado serão desconsideradas.

Robô - Definição

- A palavra **robô** vem da palavra Tcheca *robota*, que significa “**trabalho forçado**”, e foi usada pela primeira vez numa peça teatral de 1920 chamada: Rossum’s Universal Robots (R.U.R.)

- A ISO 10218 (*International Standard Organization*) propôs a seguinte definição:

“Robô é um **manipulador** reprogramável com **vários graus de liberdade** com base fixa ou móvel, capaz de manipular materiais, peças, ferramentas, segundo trajetórias variáveis que permitam realizar tarefas diversas” (RIASCOS, 2010).

Obs.: é fundamental entendermos que a robótica é um campo em constante evolução e que sua definição evolui conjuntamente.

Revolução Industrial

Anos 1760 a 1860



Anos 1860 a 1945



A partir de 1945



Atualmente



As três gerações da robótica

1º Geração: **Fixa**



2º Geração: **Móvel**



3º Geração: **Humanoides**



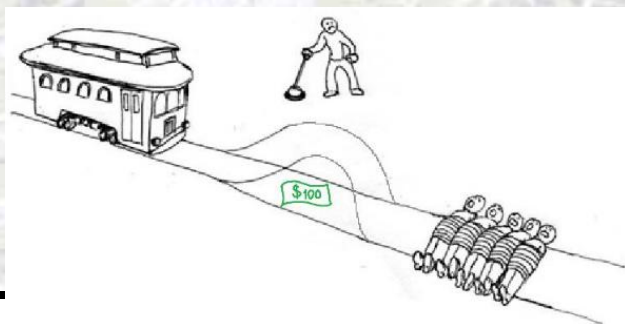
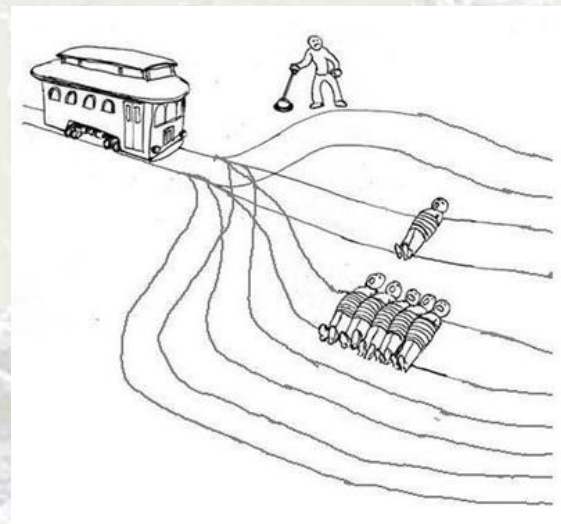
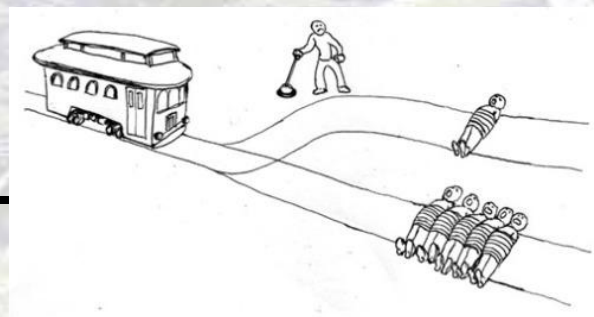
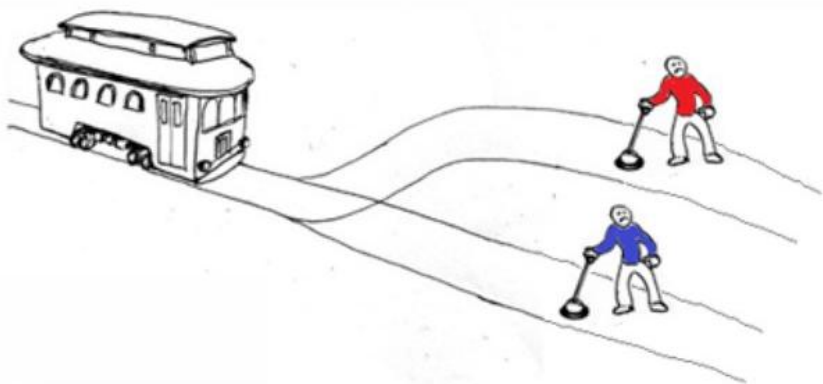
Veículos Autônomos

For on-road vehicles

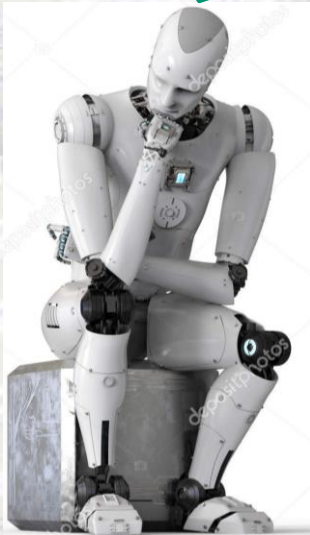


		Steering and acceleration/ deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback when automation fails	Automated system is in control
Human driver monitors the road	0 NO AUTOMATION				N/A
	1 DRIVER ASSISTANCE				SOME DRIVING MODES
	2 PARTIAL AUTOMATION				SOME DRIVING MODES
Automated driving system monitors the road	3 CONDITIONAL AUTOMATION				SOME DRIVING MODES
	4 HIGH AUTOMATION				SOME DRIVING MODES
	5 FULL AUTOMATION				



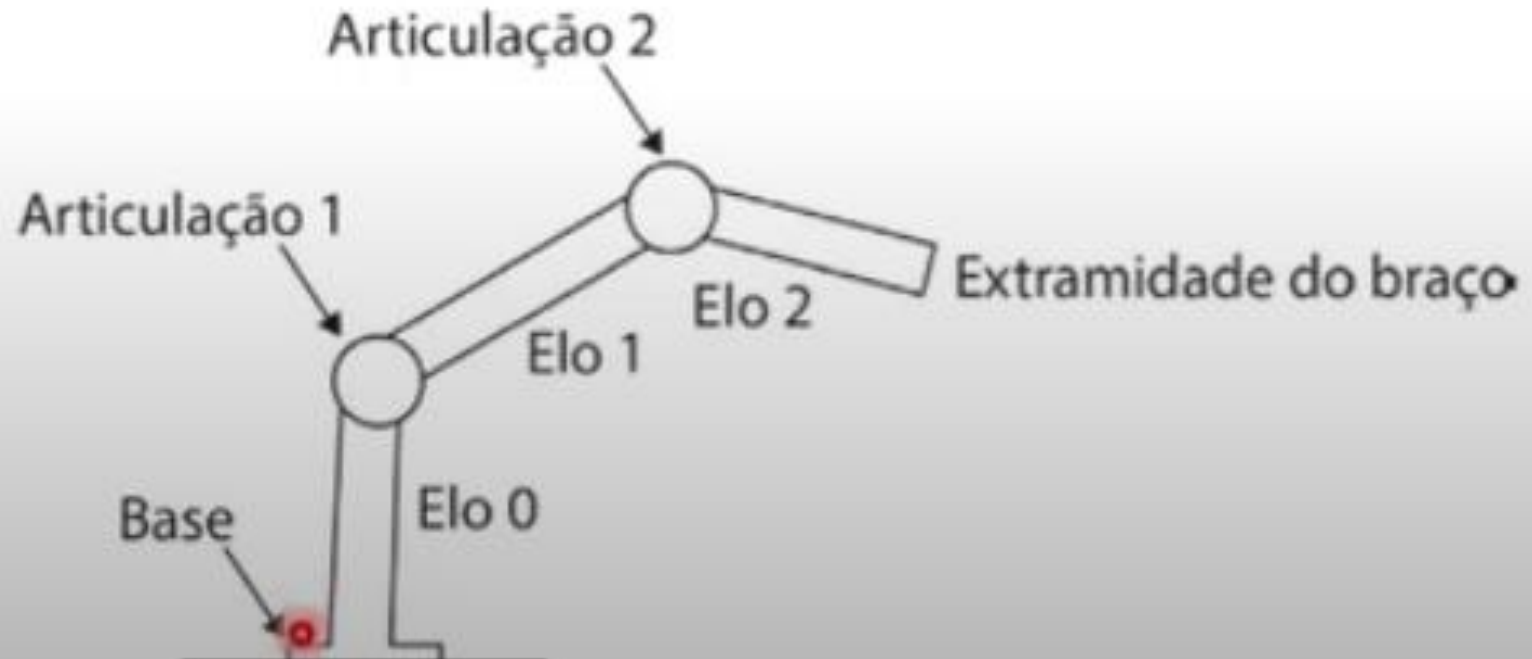


**Deveria um veículo autônomo
fazer as mesmas escolhas que
eu ??**



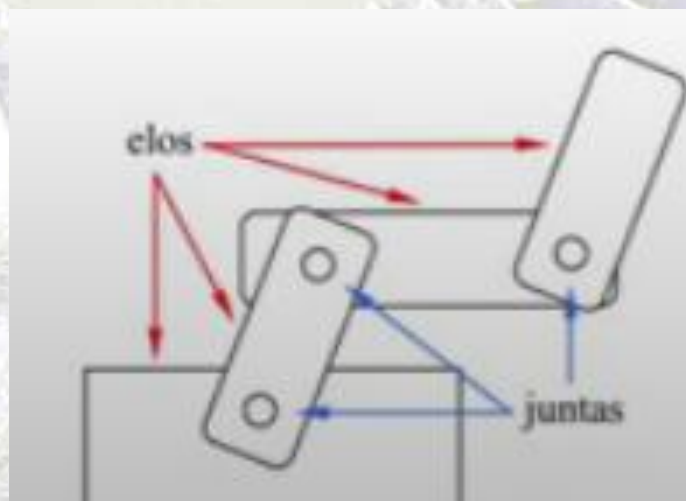
<http://moralmachine.mit.edu/>

Estrutura mecânica de um manipulador



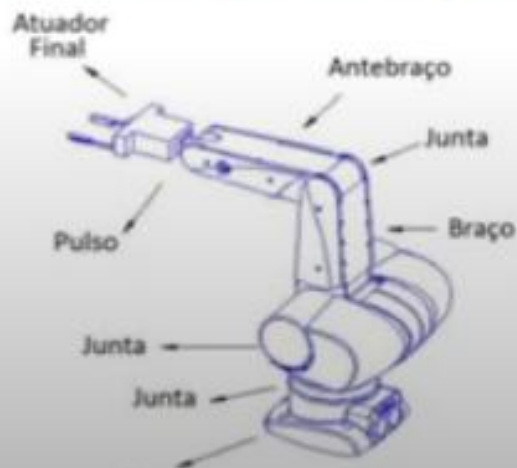
Anatomia dos braços mecânicos industriais

- O **braço robótico** (Groover, 1988) é composto pelo braço e punho.
- O **braço** consiste de elementos denominados elos unidos por juntas de movimento relativo, onde são acoplados os acionadores para realizarem estes movimentos individualmente, dotados de capacidade sensorial, e instruídos por um sistema de controle. O braço é fixado à base por um lado e ao punho pelo outro.



Anatomia dos braços mecânicos industriais

O **punho** consiste de várias juntas próximas entre si, unidas por elos compactos, que permitem a orientação do órgão terminal nas posições que correspondem à tarefa realizada. Na extremidade do punho existe um órgão terminal (mão ou ferramenta) destinada a realizar a tarefa exigida pela aplicação.

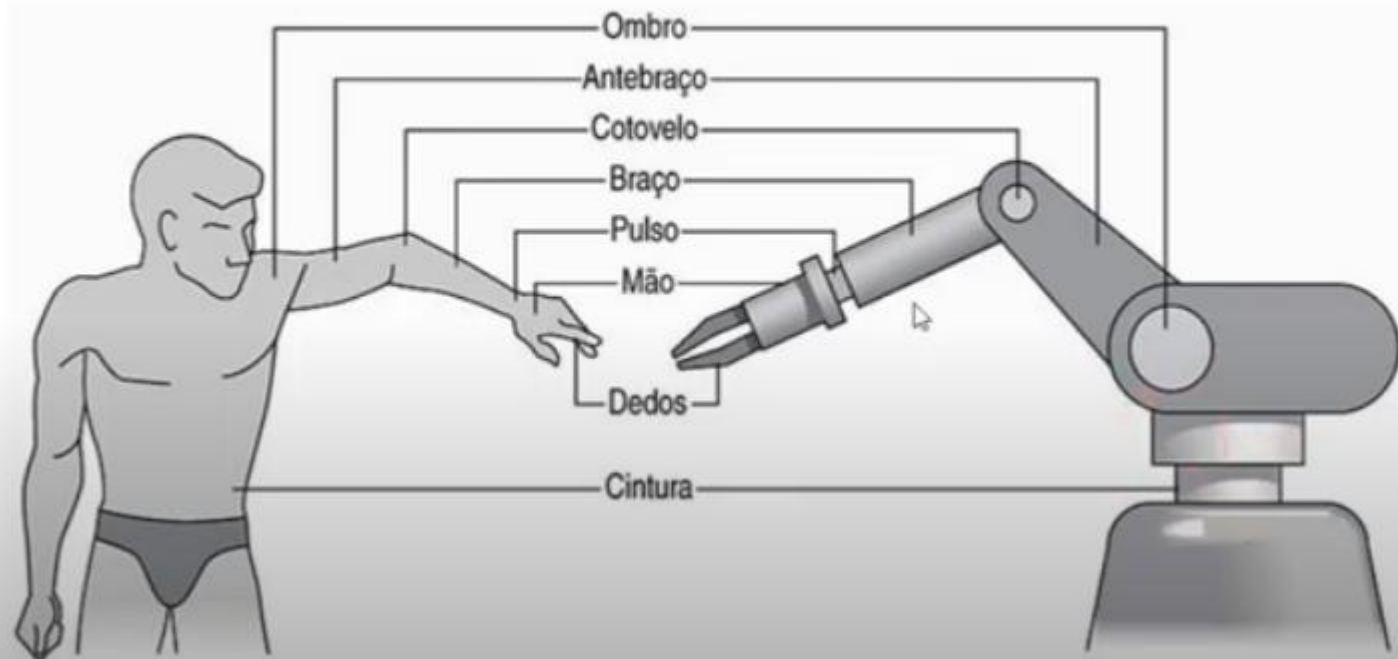


- ☐ **Base ;**
- ☐ **Junta ;**
- ☐ **Braço ;**
- ☐ **Antebraço ;**
- ☐ **Pulso ;**
- ☐ **Atuador Final ;**



Características de um manipulador

Graus de liberdade do braço humano



Manipuladores

- Na prática os robôs são compostos por membros conectados por juntas em uma cadeia **cinemática aberta**.
- As juntas podem ser rotativas (permitem apenas rotação relativa entre dois membros) ou prismáticas (permitem apenas translação linear relativa entre dois membros).
- Cada junta interconecta dois membros l_1 e l_2 .

Manipuladores

- O eixo de rotação ou de translação de uma junta é sempre denotado como eixo da junta z_i , se a junta i interconectar os membros i e $i + 1$.
- As variáveis das juntas são denotadas por q_i , se a junta for rotativa, ou por d_i , se a junta for prismática.
- O número de juntas determina a quantidade de graus de liberdade do manipulador.

Cadeias cinemáticas

Uma das principais características de um braço industrial e sua capacidade de carga, isto é, qual é o peso máximo que ele consegue manipular (erguer) sem que sua precisão seja afetada.

Esta capacidade é sempre medida na posição mais crítica, o que significa em geral uma posição de máxima extensão do braço.

Várias soluções podem ser adotadas para aliviar o peso do próprio manipulador e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de carga, uma destas é utilizar cadeias cinemáticas fechadas ou parcialmente fechadas.

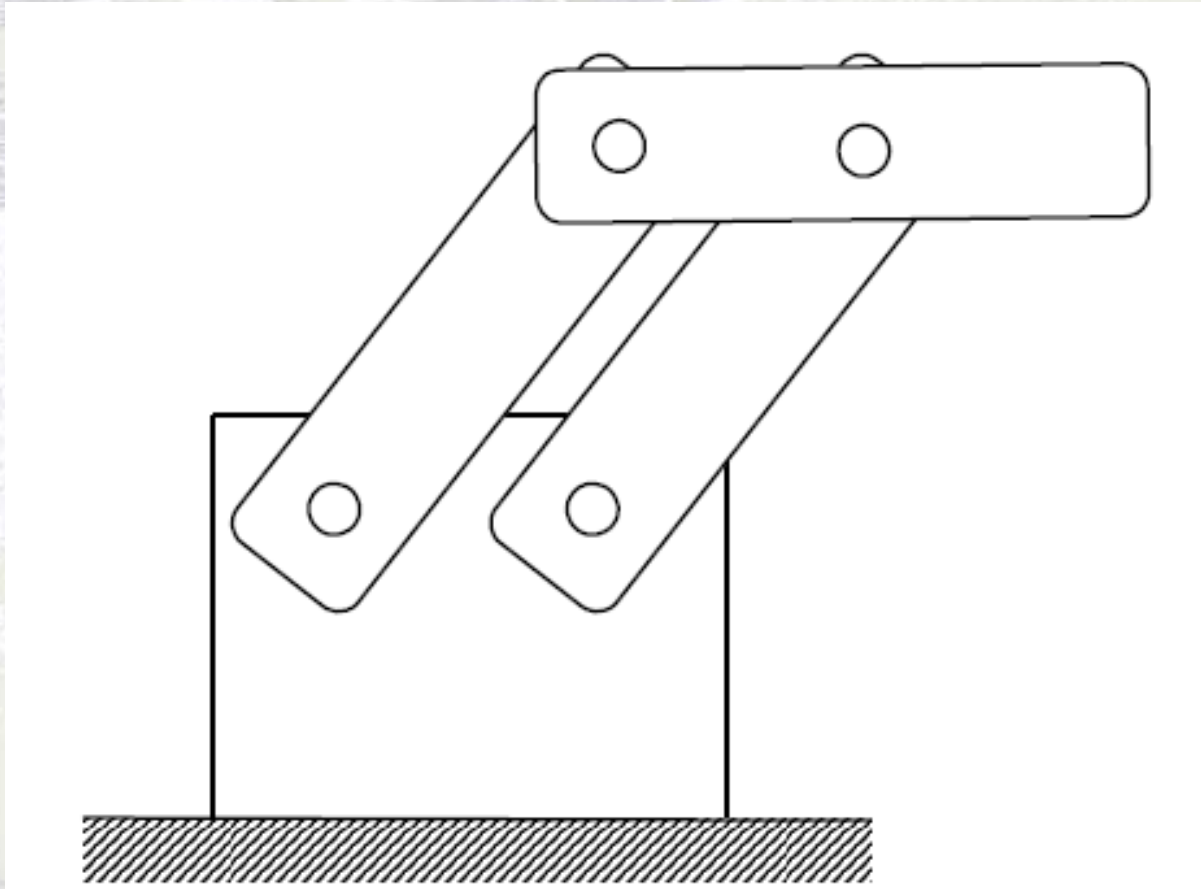
Cadeias cinemáticas

Um robô de cadeia cinemática aberta e aquele que, partindo da base, chega-se ao punho por meio de um único caminho numa seqüência elo-junta-elo.

Um braço articulado do tipo revoluto e um exemplo típico de cadeia aberta. Já num braço de cadeia fechada, não existe um único caminho para se chegar ao punho.

Vários elos podem estar conectados entre si, de tal forma que é possível percorrer, por exemplo, um caminho que parta da base e retorne a ela por um outro caminho após atingir o punho.

Representação esquemática de braço robótico com cadeia cinemática parcialmente fechada.

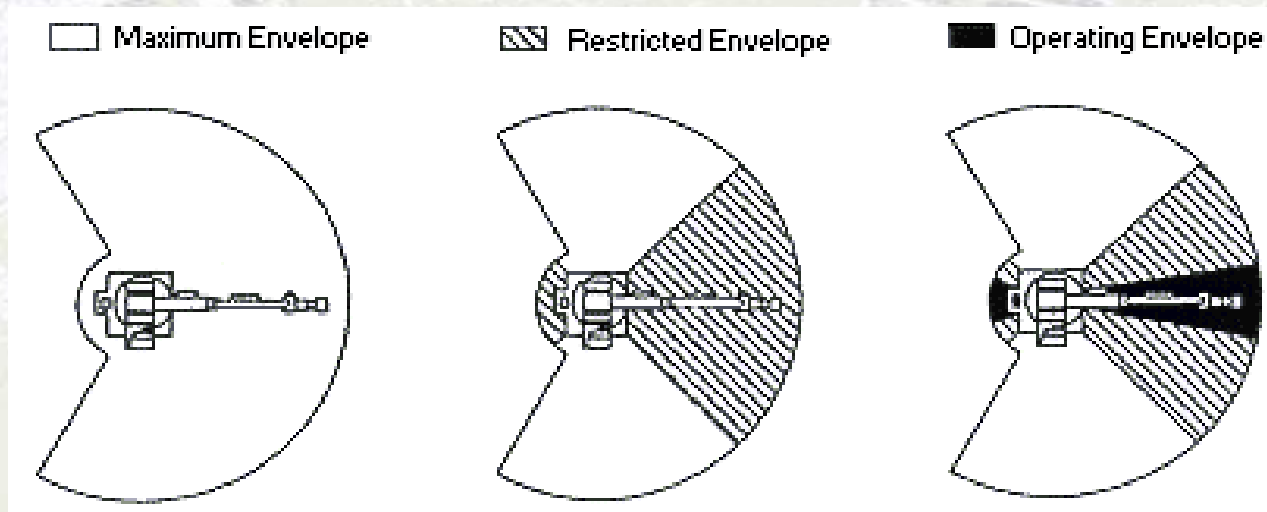


Manipuladores de cadeia parcialmente fechada (a esquerda) e fechada (a direita)



Envelope de Trabalho

O volume espacial varrido pelo órgão terminal do manipulador é conhecido como volume de trabalho ou espaço de trabalho. O volume de trabalho depende da configuração geométrica do manipulador e das restrições físicas das juntas (limites mecânicos).



Precisão e Repetibilidade

A precisão de um manipulador é uma medida de quão próximo o órgão terminal pode atingir um determinado ponto programado, dentro do volume de trabalho.

Já a repetibilidade diz respeito à capacidade do manipulador retornar várias vezes ao ponto programado, ou seja, é uma medida da distribuição desses vários posicionamentos em torno do dito ponto.

A precisão e a repetibilidade são afetadas por erros de computação, imprecisões mecânicas de fabricação, efeitos de flexibilidade das peças sob cargas gravitacionais e de inércia (sobretudo em altas velocidades), folgas de engrenagens, etc.

Graus de Liberdade (DOF)

Os graus de liberdade determinam flexibilidade de movimentação e/ou observação de algo.

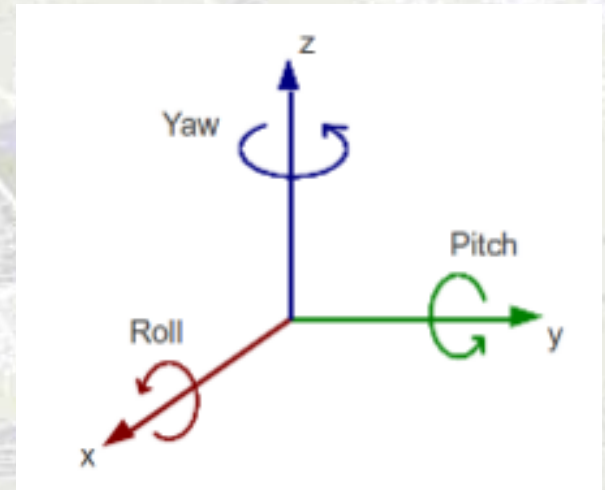
Objetos possuem 6 diferentes direções, nas quais podem se mover no espaço:

Translações:

No eixo X, Y e Z.

Rotações

Roll (rotação ao redor de X), **Yaw** (ao redor de Z) e **Pitch** (ao redor de Y)



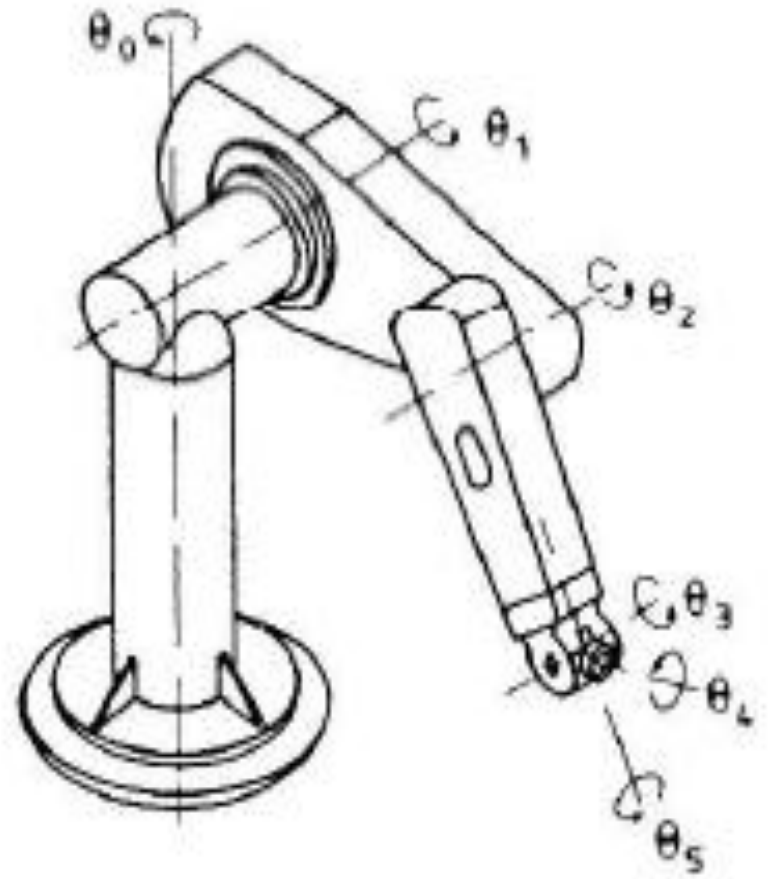
Graus de Liberdade (DOF)

A maioria dos robôs industriais tem 6 ou menos graus de liberdade.

No caso de um manipulador com seis graus de liberdade, os três primeiros graus (a contar da base) são usados para posicionar o órgão terminal no espaço 3D, enquanto que os três últimos servem para orientar o órgão terminal no espaço 3D.

Com base nos três primeiros graus de liberdade, pode-se classificar os robôs industriais em cinco configurações geométricas:

Manipulador PUMA





Configurações de Robôs Manipuladores

Com base nos três primeiros graus de liberdade, pode-se classificar os robôs industriais em cinco configurações geométricas:

Configurações de manipuladores

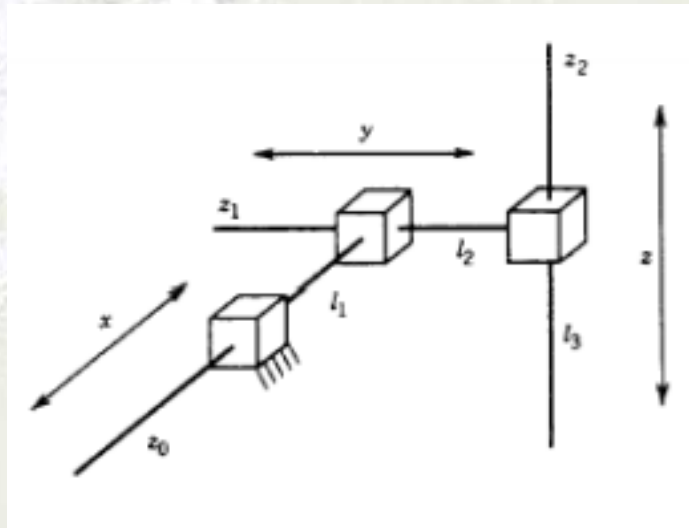
Robôs industriais estão disponíveis nos mais variados formatos, tamanhos, capacidades...

A maioria dos robôs manipuladores disponíveis hoje foi construindo seguindo uma das seguintes configurações:

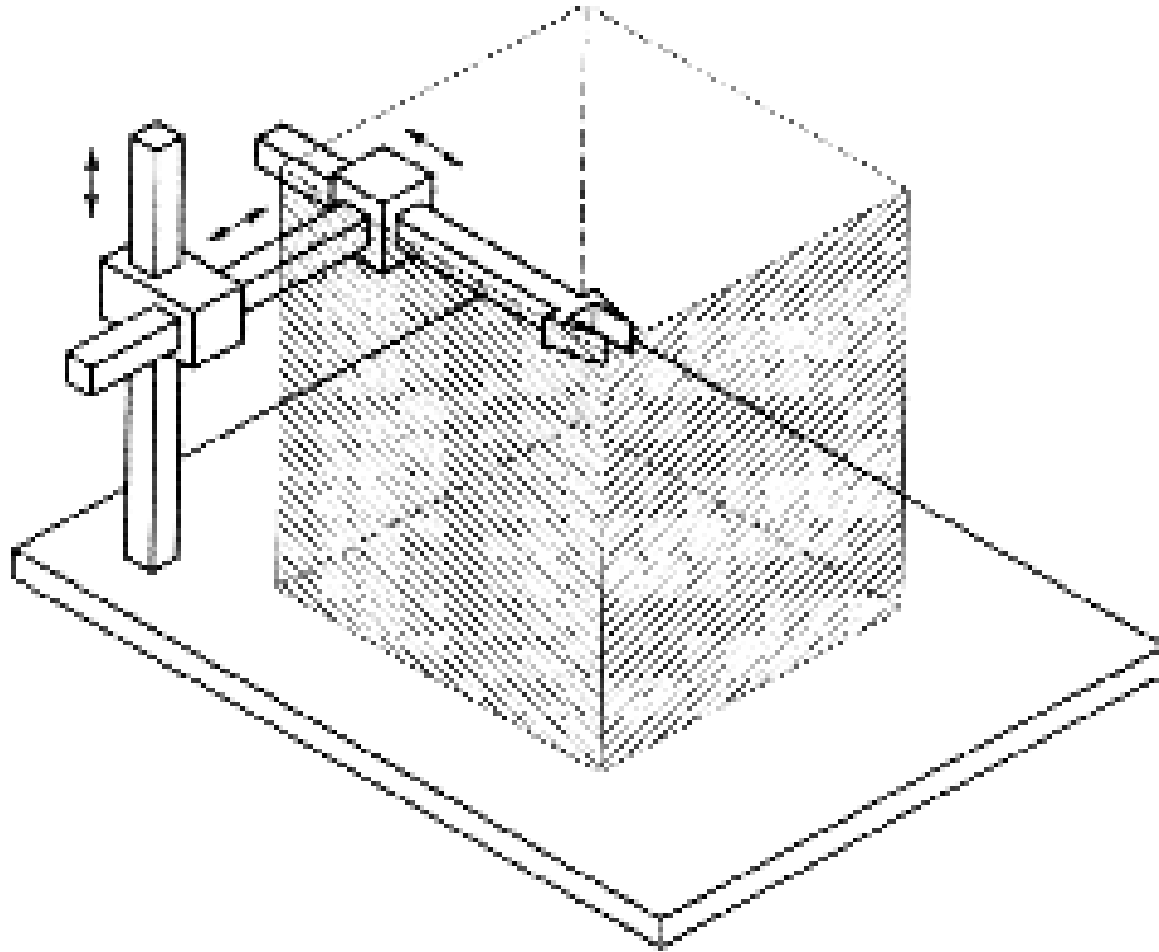
- Cartesiano (ou retangular ou linear)
- Cilíndrico
- Esférico (ou Polar)
- Articulado
- SCARA
- Paralelos

Manipuladores Cartesianos

- Movimento por meio de coordenadas cartesianas
- Trata-se de um manipulador cujas três primeiras juntas são prismáticas.
- É o manipulador de configuração mais simples, sendo muito empregado para armazenamento de peças



Envelope de trabalho Cartesiano

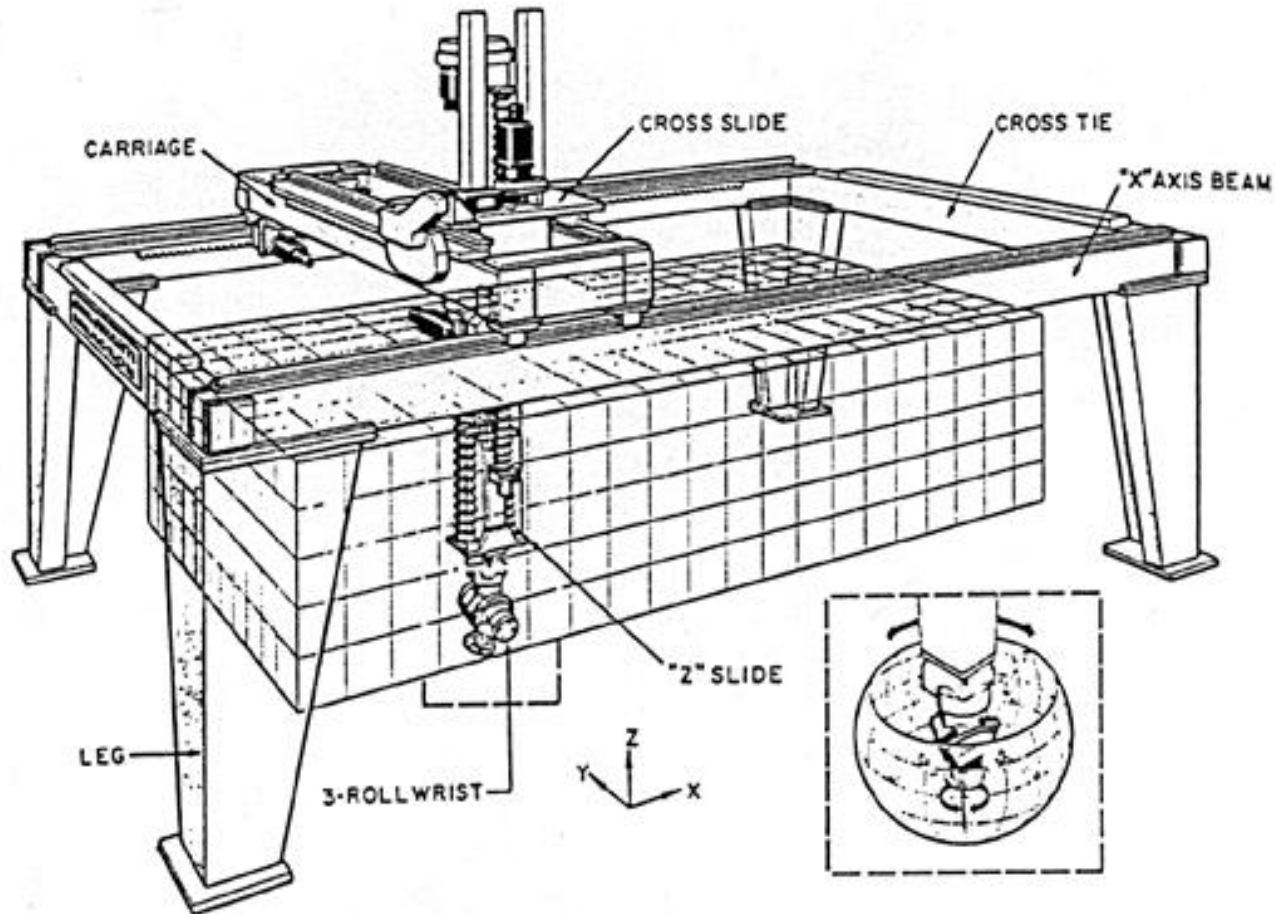


Robôs tipo Gantry (Pórtico)

- Classificados como os cartesianos, mas funcionando com base em suportes paralelos na lateral.

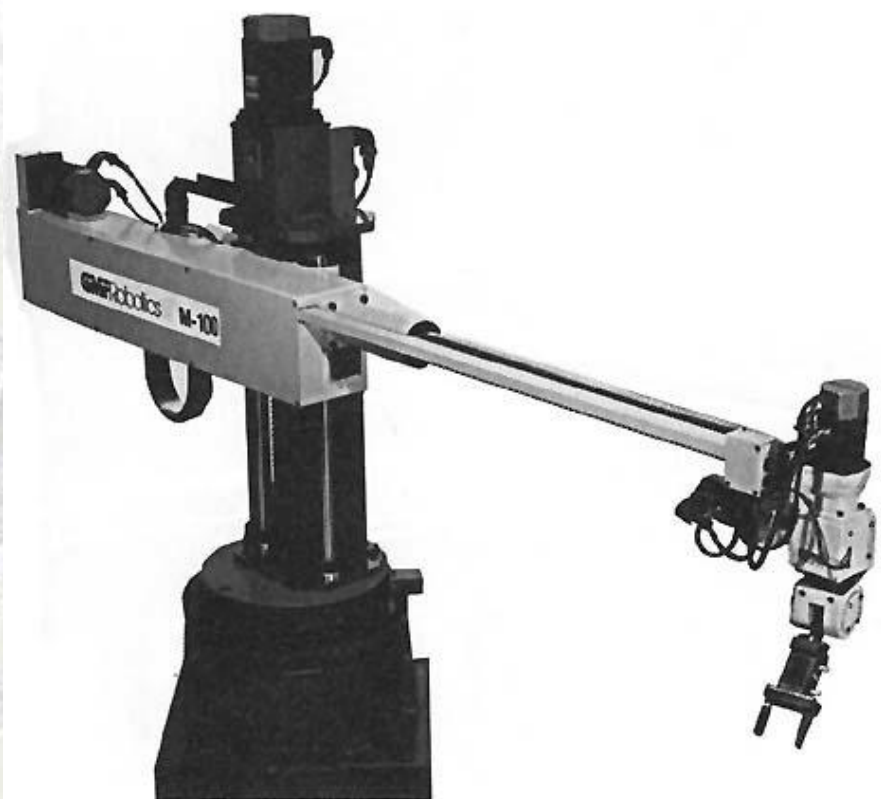
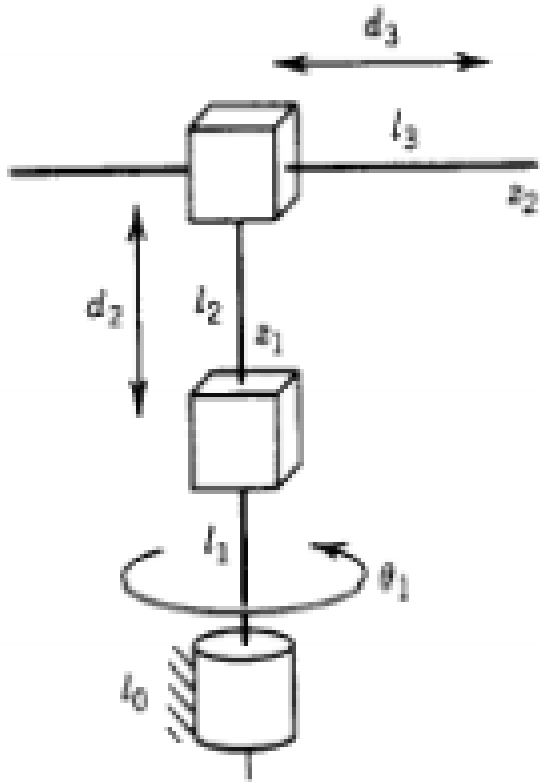


Envelope de trabalho Gantry

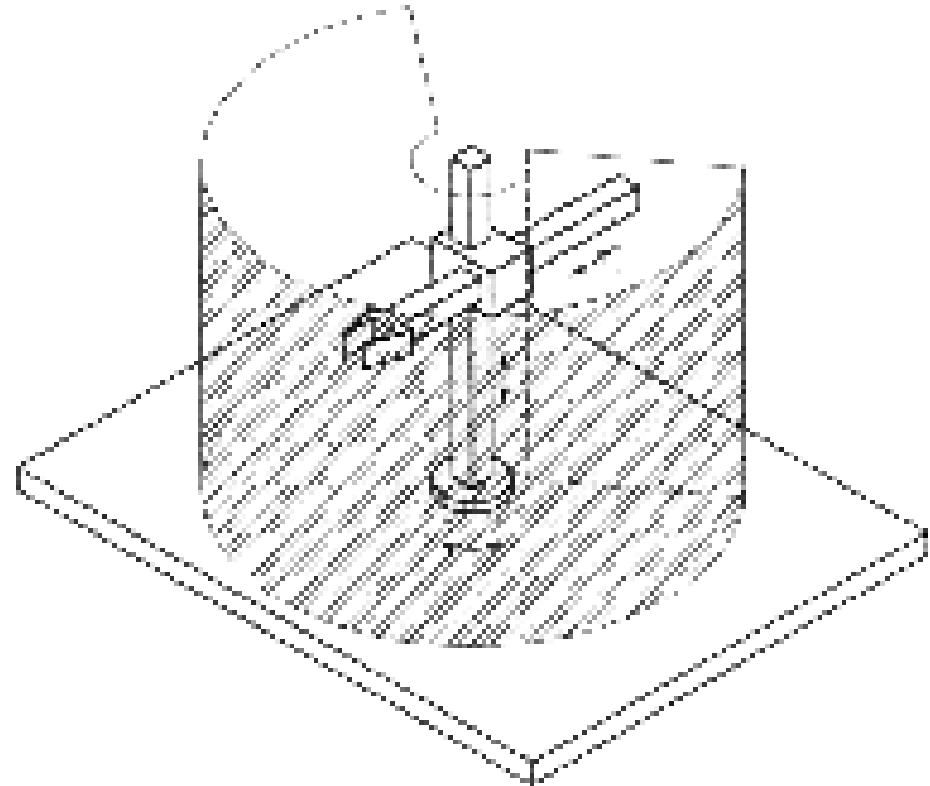
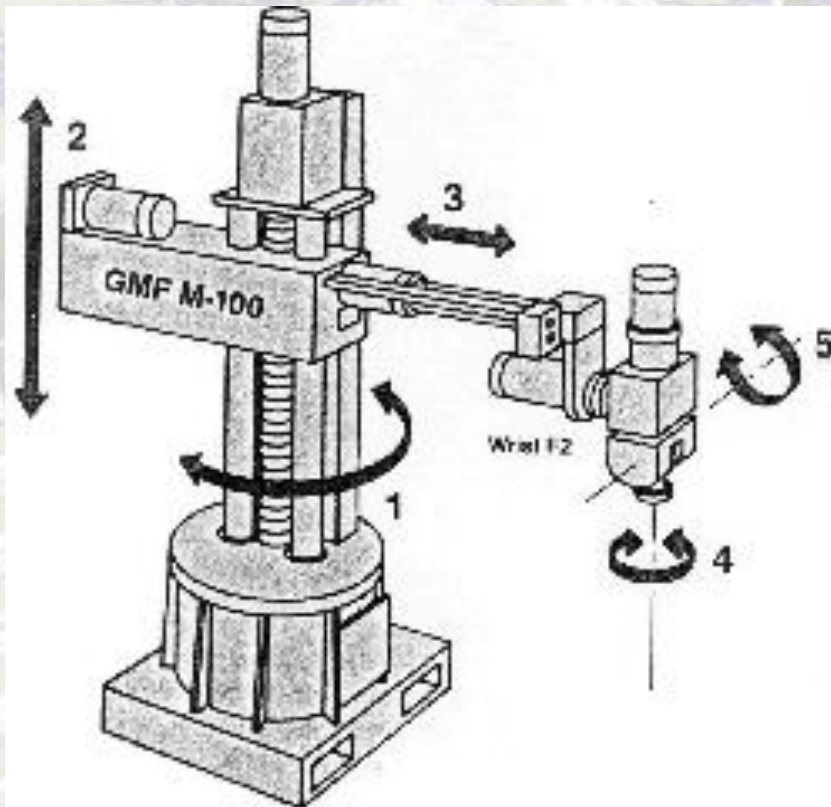


Manipuladores Cilíndricos

Na configuração cilíndrica, a primeira junta é rotativa enquanto a segunda e terceira juntas são prismáticas.



Envelope de Trabalho Cilíndrico

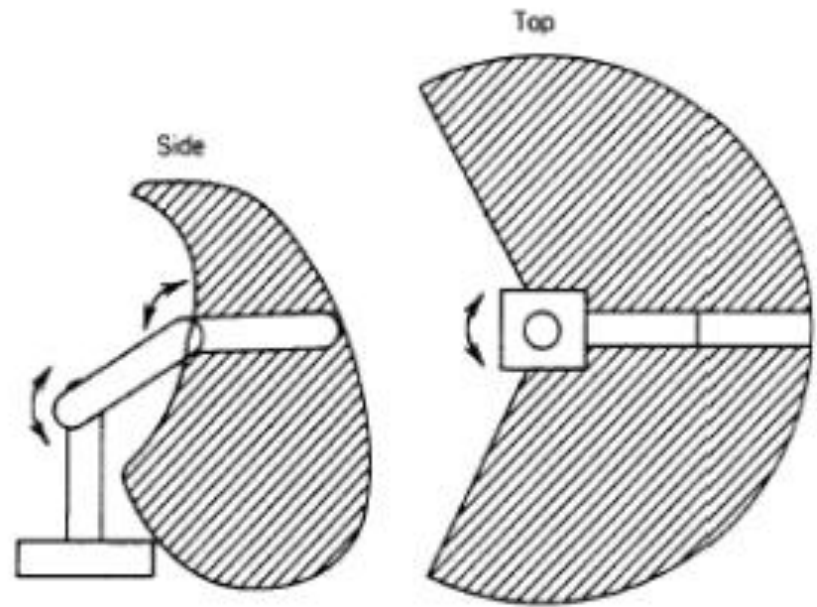
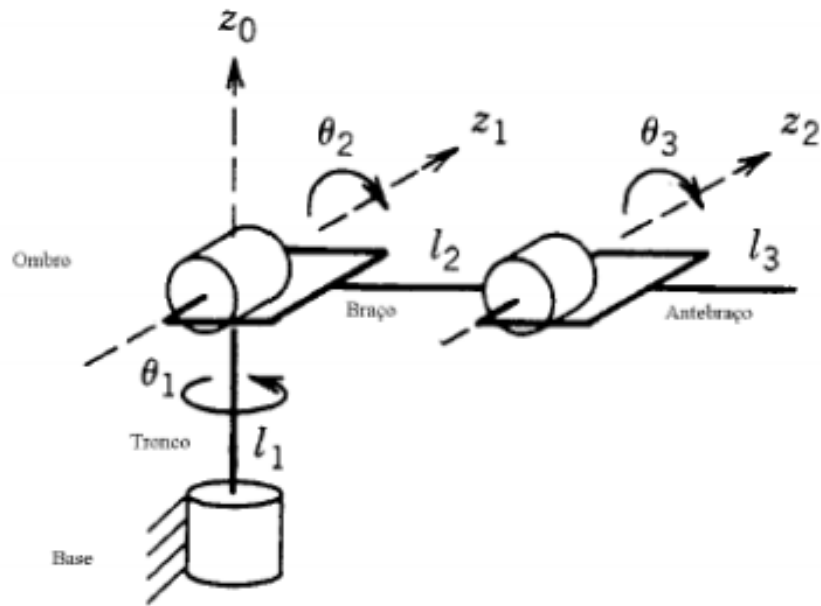


Manipuladores Articulados

- Também denominado antropomórfico, por ser o que mais se assemelha ao braço humano, é o mais usado industrialmente.
- Manipulador com diversas juntas rotativas verticais, com eixos na horizontal.
- Possui geralmente 3 juntas rotatórias que permite atingir qualquer posição.
- PUMA é articulado.

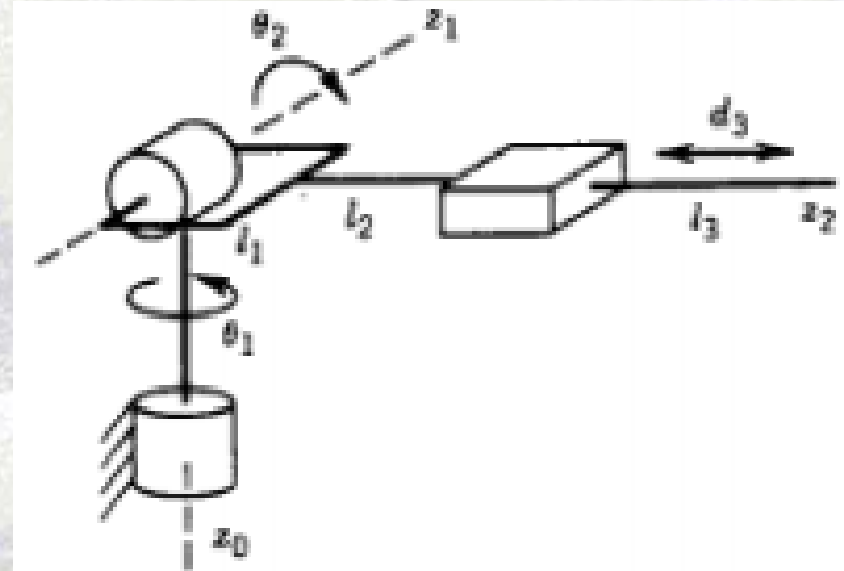


Manipuladores Articulados

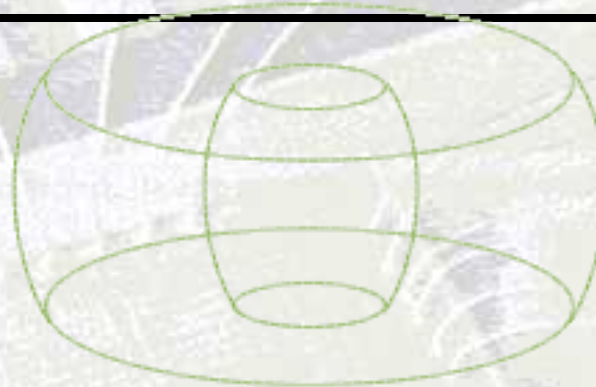
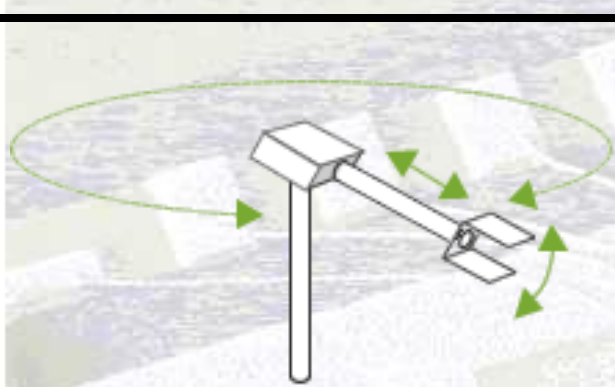


Manipuladores Esféricos (ou Polares)

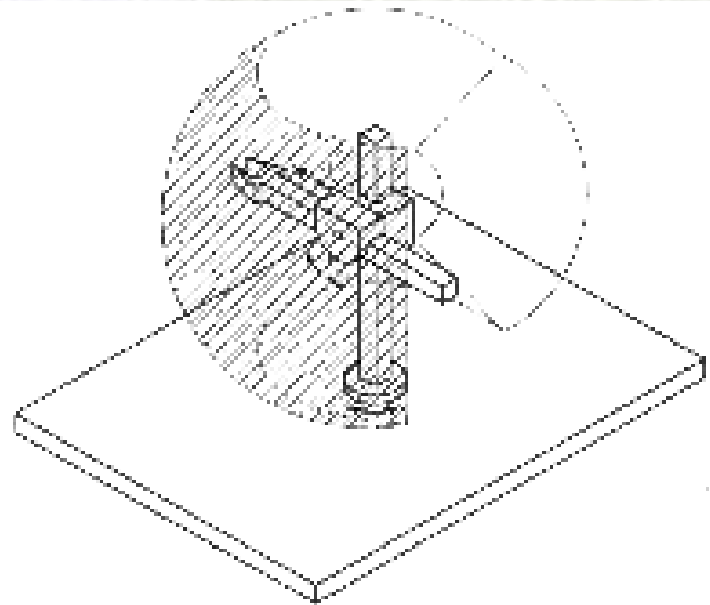
- Esta configuração é obtida simplesmente substituindo a junta rotativa do cotovelo do manipulador articulado por uma junta prismática



Manipuladores Esféricos



WORKSPACE



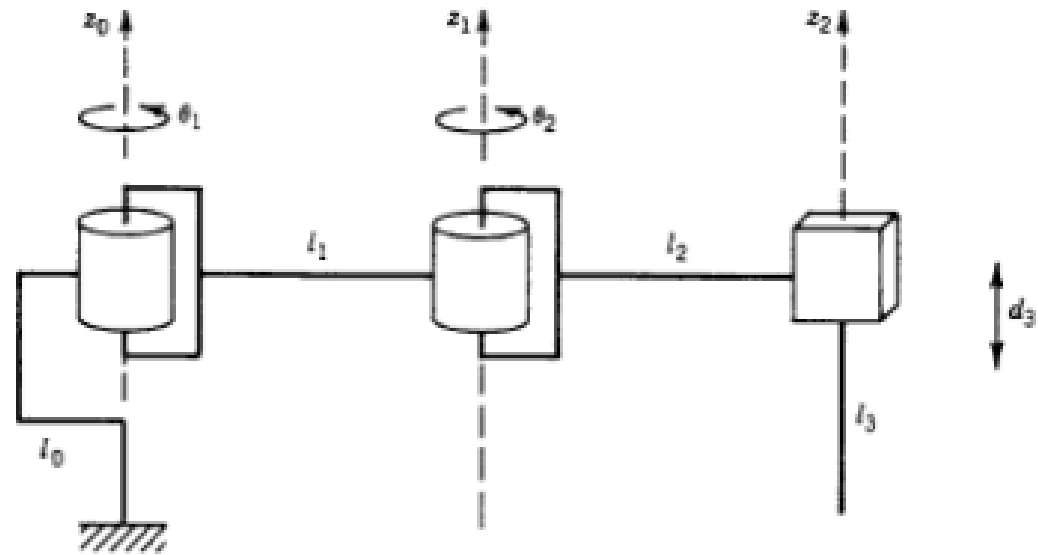
Manipulador SCARA

O chamado robô SCARA (*Selective Compliant Articulated Robot for Assembly*) é uma configuração recente que rapidamente se tornou popular, sendo adequada para montagens.

Embora tenha uma configuração RRP, é bastante diferente da configuração esférica, tanto na aparência como na faixa de aplicações.

O robô SCARA caracteriza-se por ter os três eixos z_0 , z_1 e z_2 todos verticais e paralelos

Manipulador SCARA



Introdução a cinemática

- Próxima aula...