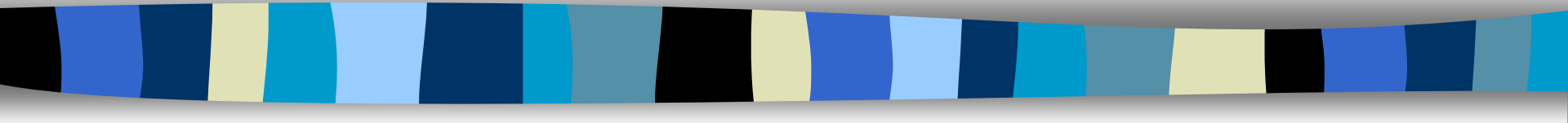


# Robótica



Prof. Reinaldo Bianchi  
Centro Universitário FEI  
2016

1a. Aula



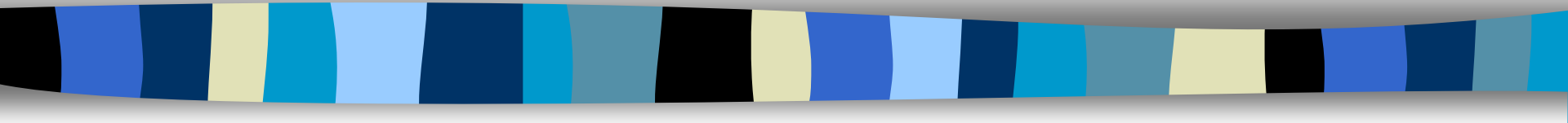
Parte B



# Objetivos desta aula

- Apresentar os conceitos básicos de Robótica:
  - Introdução.
  - Histórico.
  - Definições.
  - Áreas de Aplicação.

# Automação Industrial x Robôs





# Automação Industrial (wikiped):

- É a aplicação de técnicas e equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de:
  - aumentar a sua eficiência,
  - maximizar a produção com o menor custo,
  - melhores condições de segurança,
  - reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina.



# Automação Industrial

- É um passo além da mecanização, onde operadores humanos são providos de máquinas para auxiliá-los em seus trabalhos.
- A Automação Industrial visa, principalmente, a produtividade, qualidade e segurança em um processo.



# Automação Industrial

- Entre os dispositivos eletro-eletrônicos que podem ser aplicados estão:
  - Computadores, controladores lógicos programáveis (CLP, CNC, SDCDs)
  - Robôs, manipuladores e atuadores.
- Estes equipamentos em alguns casos, substituem tarefas humanas ou realizam outras que o ser humano não consegue realizar.



# Automação Industrial

- A parte mais visível da automação, atualmente, está ligada à **robótica**.
- Mas também é muito importante a sua utilização nas nas indústrias química, petroquímicas e farmacêuticas, com o uso de transmissores de pressão, vazão, temperatura e outras variáveis necessárias para um controle automático.





# Automação e Robôs

- Automação e Robótica são duas tecnologias próximas:
  - Automação é a tecnologia que se preocupa com o uso de sistemas mecânicos / elétricos / computacionais para controlar um processo de produção.
- 3 tipos de automação:
  - Fixa
  - Programável
  - Flexível.



# Automação Fixa

- É usada quando o volume de produção é muito alto.
- Utiliza equipamentos projetados para produção de produtos com alta velocidade e baixo custo.
- Custo total é dividido pelo grande número de unidades produzidas.
- Exemplo:
  - Blocos de motores, vidro



# Automação Fixa (II)

- **Risco: Alto investimento.**
  - Se não ocorrer a demanda prevista, custo unitário aumenta.
- **Problemas:**
  - Ao final do ciclo de vida do produto, o equipamento se torna obsoleto.
  - Não é economicamente viável para produtos com ciclo de vida curtos.



# Automação Programável

- É usada quando:
  - o volume de produção é relativamente pequeno.
  - têm-se a necessidade de diversos produtos.
- Utiliza equipamentos programados para produção de produtos em lotes.
- Custo total é dividido pelo grande número de unidades produzidas.
- Adaptabilidade!



# Automação Flexível

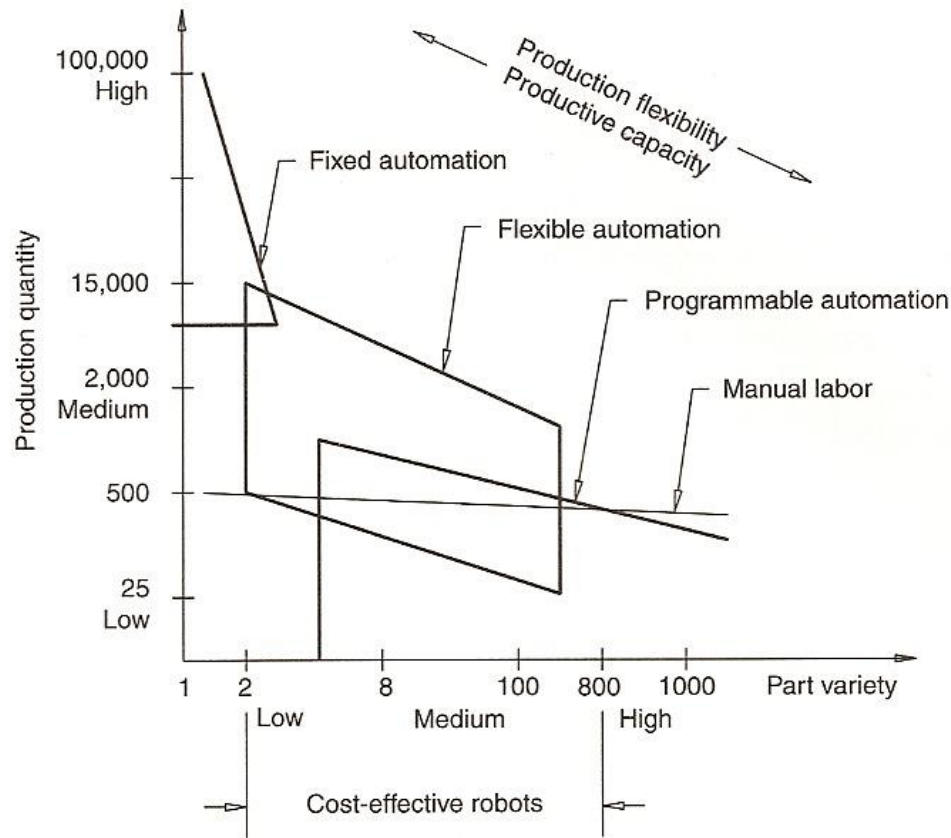
- É usada quando o volume de produção é mediano.
- Utiliza uma série de estações de trabalho conectadas por equipamentos de manipulação de materiais.
- Um computador central roteia e controla a produção de diferentes produtos.
  - Possibilita a produção de diferentes produtos ao mesmo tempo.



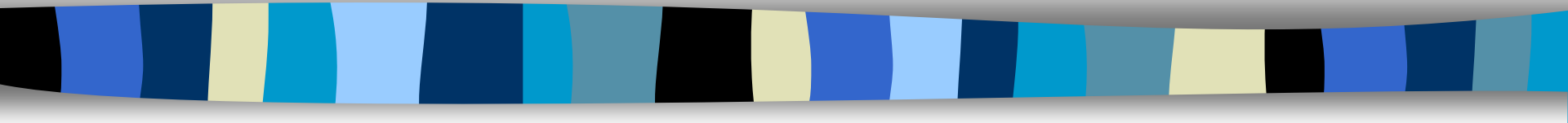
# Automação Flexível (2)

- Possui características da automação:
  - Fixa e
  - Programável.
- Também chamada de
  - Flexible Manufacturing Systems (FMS)
  - Computer Integrated Manufacturing (CIM)
- Versatibilidade!

# Custos dos 3 tipos de automação



# Características de um manipulador







# Características Básicas

- Algumas características básicas que permitem definir um manipulador.
- Algumas são tradicionais e outras usadas na norma ISO.



# Robô - Definição ISO

## ■ ISO 9283 (1998)

- Visa facilitar o entendimento entre usuários e fabricantes de robôs e sistemas robóticos.
- Define as principais características de funcionamento.
- Descreve como devem ser especificados.
- Recomenda como realizar 14 testes para verificar se o robô obedece a especificação.



# Graus de Liberdade (DOF)

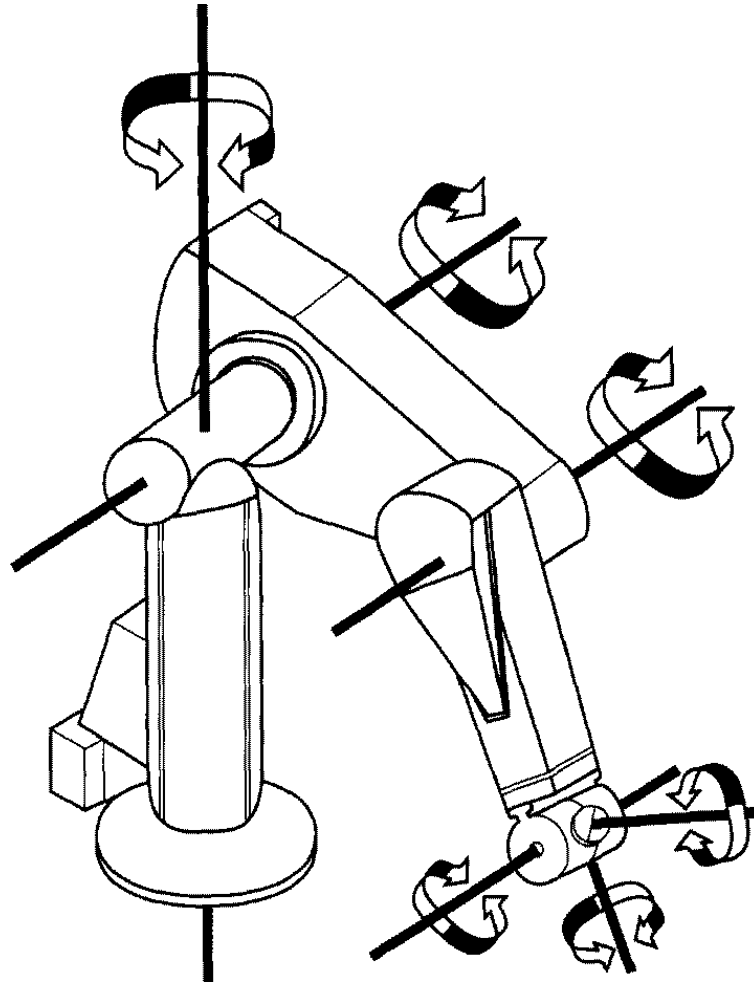
- Os graus de liberdade determinam flexibilidade de movimentação e/ou observação de algo.
- Objetos possuem 6 diferentes direções, nas quais podem se mover no espaço:
  - Translações:
    - No eixo X, Y e Z.
  - Rotações
    - Roll (rotação ao redor de X), Yaw (ao redor de Y) e Pitch (ao redor de Z)



# Graus de Liberdade (DOF)

- Degrees of Freedom - Definição:
  - Cada eixo (ou articulação) existente no manipulador cria um grau de liberdade.
- Associados aos movimentos das juntas do manipulador.
- Manipuladores industriais tem de 4 a 6 DOF, tipicamente.

# Manipulador PUMA com 6 DOF





# Envelope de Trabalho

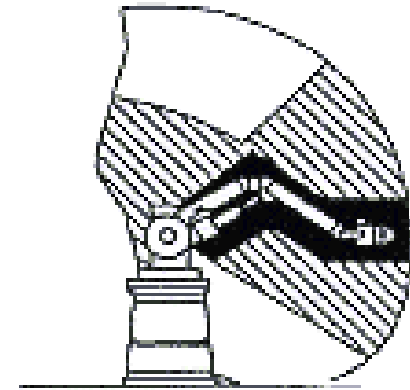
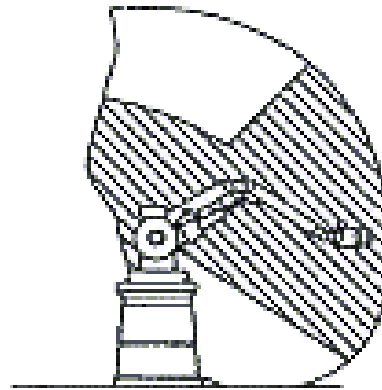
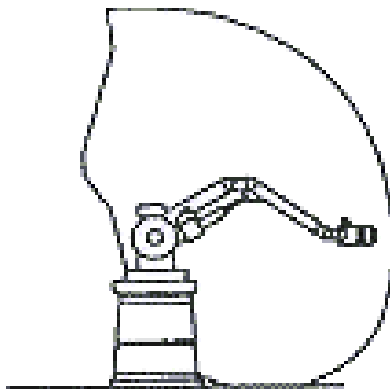
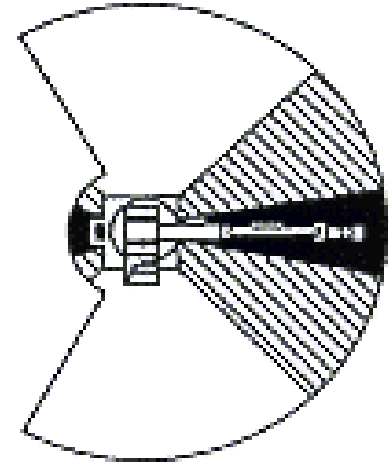
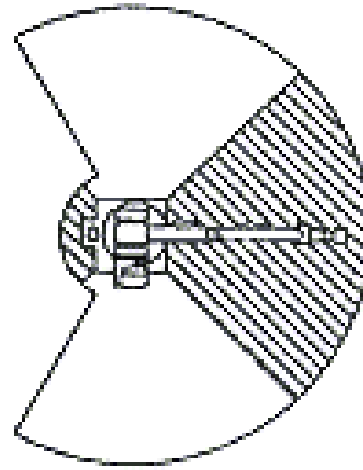
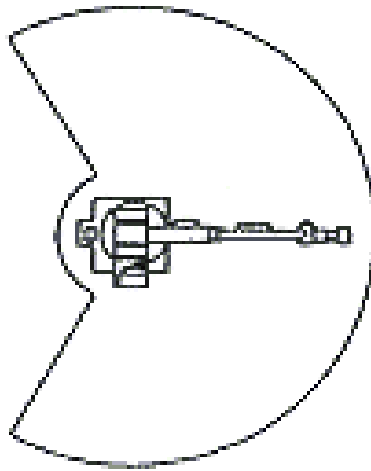
- Definição:
  - Uma região no espaço tri-dimensional que a mão ou a ferramenta de trabalho que o manipulador possui consegue alcançar.
- Depende do projeto mecânico do robô.
- Termo usado hoje para a área de trabalho de um operário humano.

# Envelope de Trabalho (II)

□ Maximum Envelope

▨ Restricted Envelope

■ Operating Envelope





# Resolução

- Definição:

- Resolução é a menor mudança de posição possível que o robô pode realizar ou que seu sistema de controle pode perceber.

- Característica determinada pelo projeto do robô e de seu controle.

- Três tipos:

- Resolução de programa, Resolução de controle e Resolução espacial.

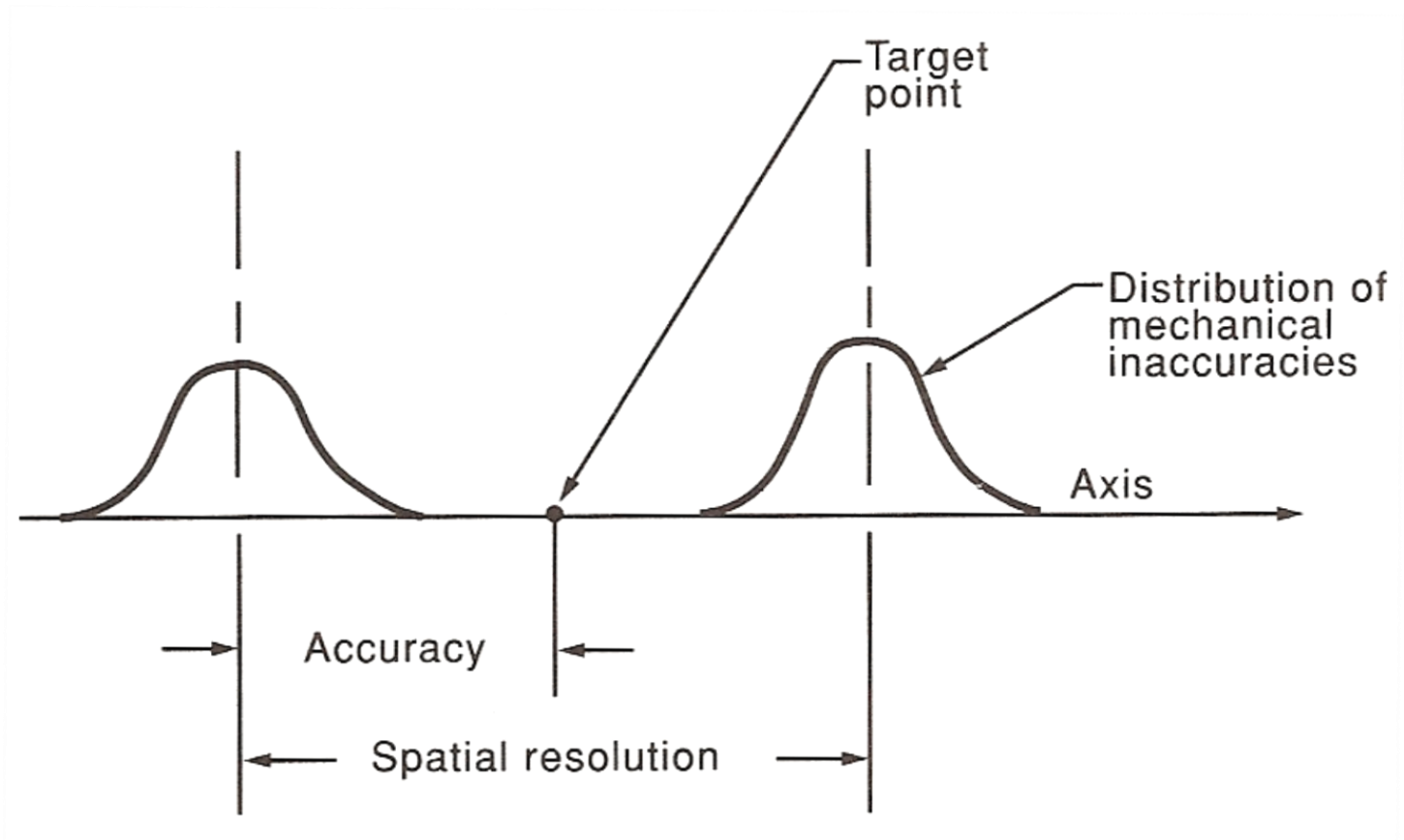




# Resolução Espacial

- É a resolução de programa e de controle degradadas por imprecisões mecânicas.
- Pode ser aumentada com o aumento da precisão de programa:
  - aumentando o número de pontos endereçáveis.

# Resolução Espacial

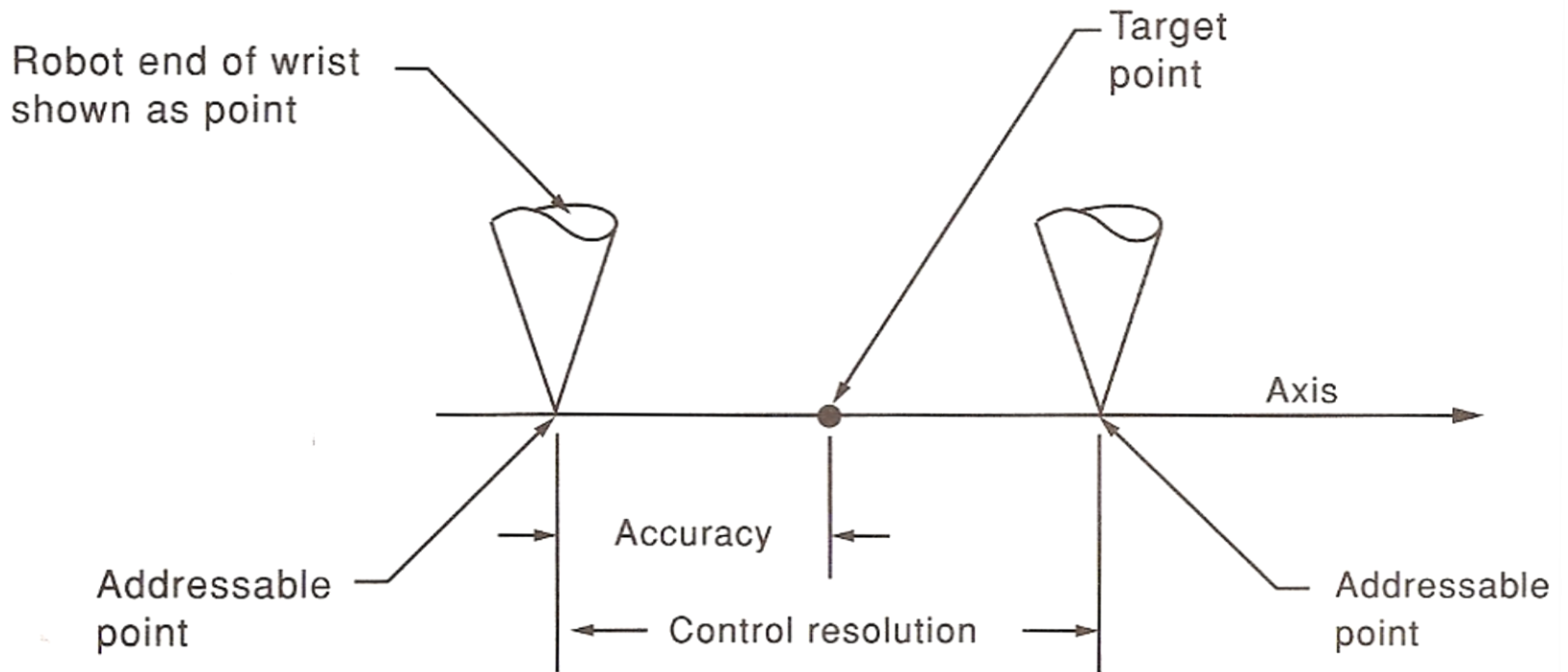




# Acurácia

- Definição:
  - A habilidade do robô posicionar o atuador em uma posição do espaço.
- Depende do tipo do robô e da precisão no controle de cada juntas.
- Pode ser descrita como metade da resolução de controle, pois no pior caso:
  - O alvo se encontra entre dois pontos de controle.

# Acurácia





# Repetibilidade

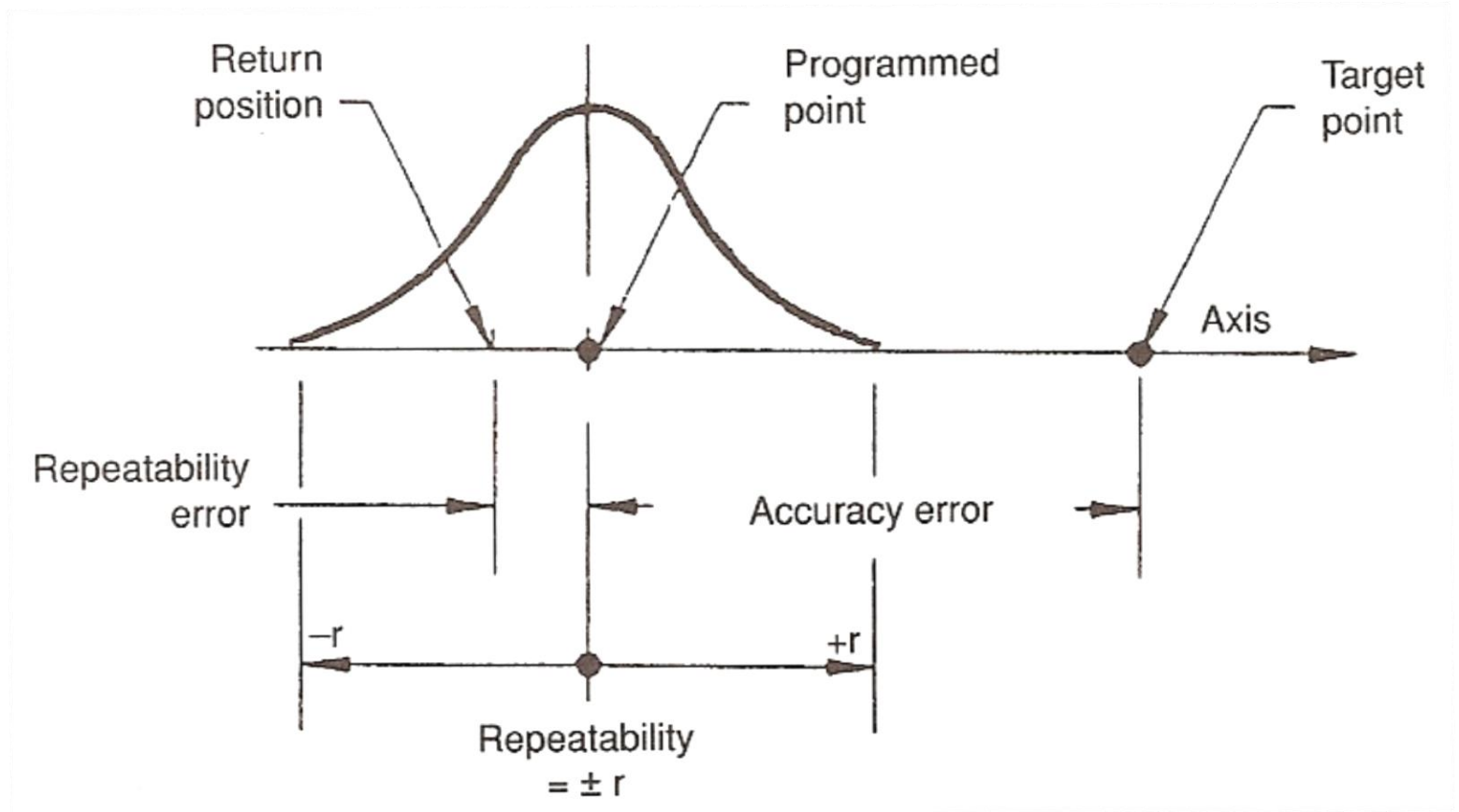
- Definição:
  - A habilidade do robô retornar consistentemente a uma posição previamente alcançada.
- É uma medida estatística.
- Se a posição desejada não é atingida, mas sempre o mesmo erro acontece, então a acurácia é ruim mas a repetibilidade é boa.



# Repetibilidade

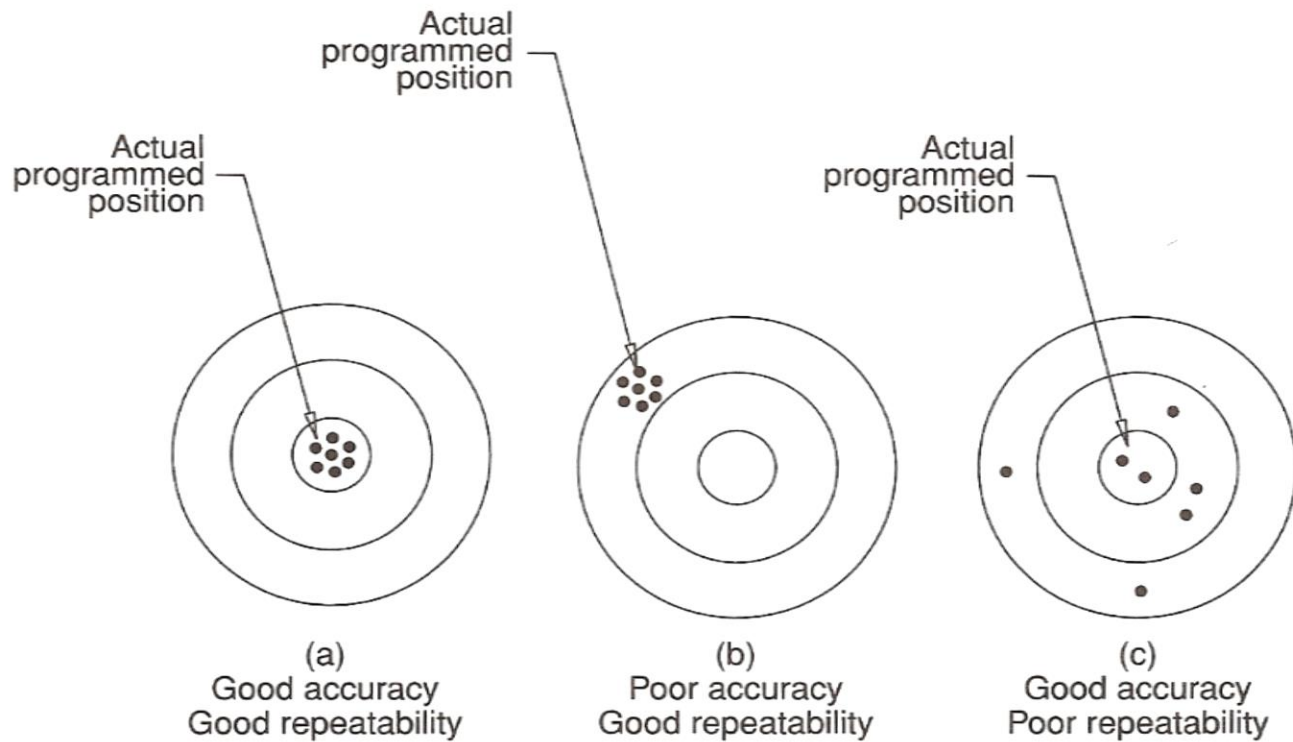
- Repetibilidade descreve o erro do robô, mas não em posições absolutas.
- É muito usada pelos fabricantes:
  - A acurácia depende da carga:
    - Cargas maiores causam deflexões maiores, que degradam a acurácia.
  - A repetibilidade não depende da carga.

# Repetibilidade



# Repetibilidade

*Desired position is the center of the circles*







# Carga e tamanho

- Carga (Payload):
  - É o peso máximo que o robô é projetado para operar repetidamente com a mesma acurácia.
- Tamanho:
  - tamanho total do robô



# Velocidade, aceleração e ciclo:

- Velocidade:

- Velocidade máxima que a ponta do robô consegue se mover quando totalmente estendido.

- Aceleração.

- Ciclo:

- O tempo que um robô leva para pegar um objeto em uma certa posição e colocar em outra, retornando ao ponto de partida.



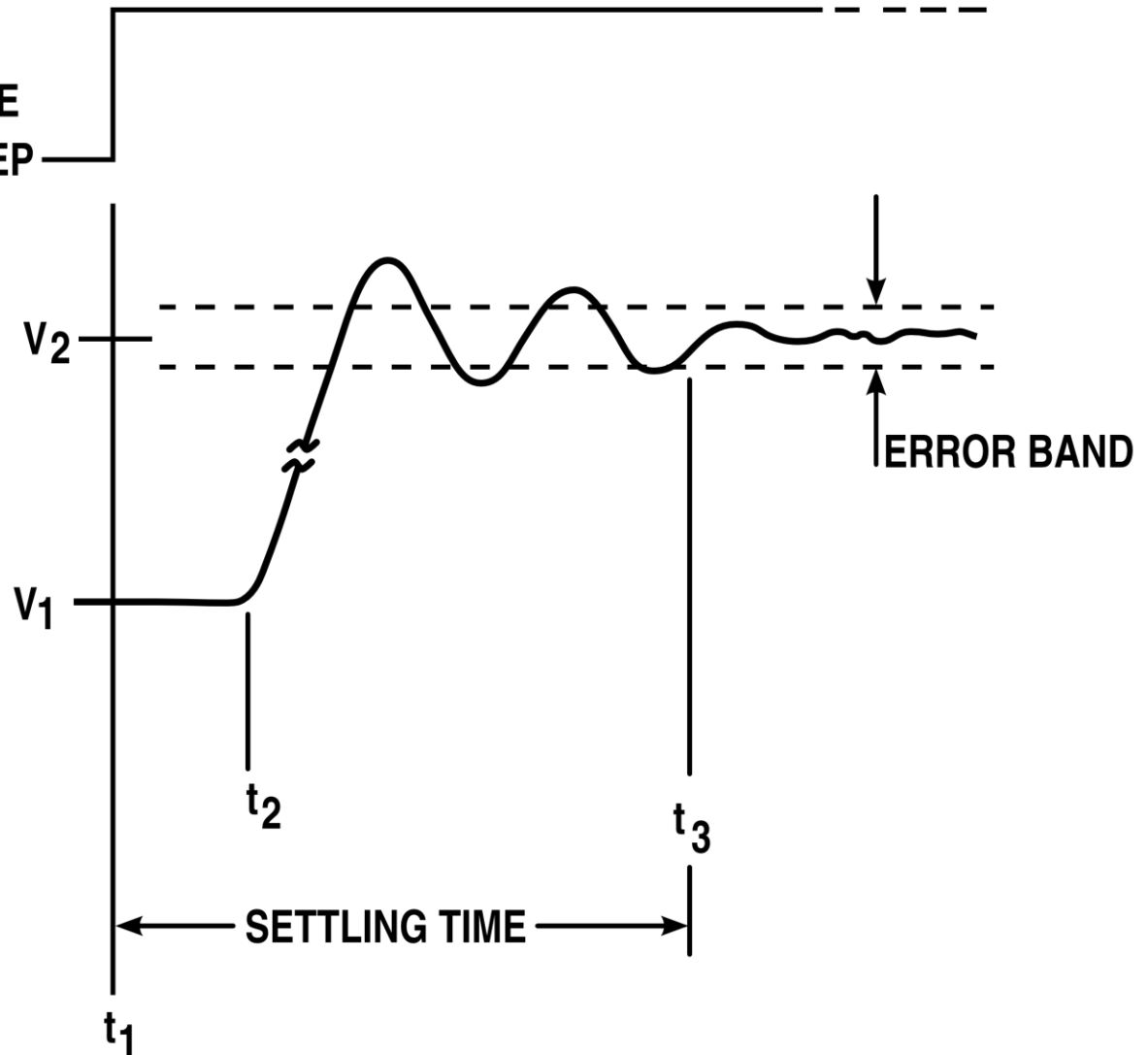
# Overshoot

- Definição:
  - A máxima distância em respeito ao ponto desejado, durante a estabilização.
- Quantifica a capacidade do robô para parar de forma suave e precisa e um ponto.

# Overshoot

INPUT:  
DIGITAL CHANGE  
OR ANALOG STEP

OUTPUT  
RESPONSE



# Configurações de Robôs Manipuladores





# Configurações de manipuladores

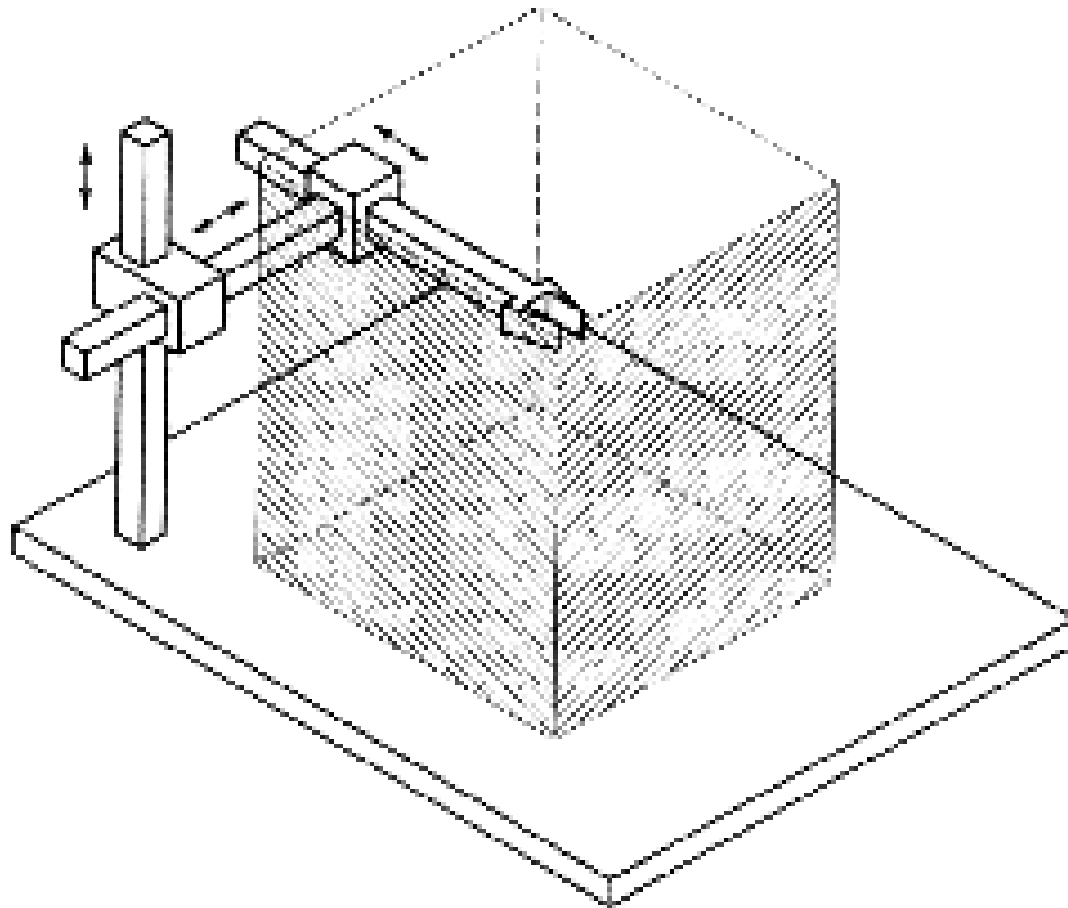
- Robôs industriais estão disponíveis nos mais variados formatos, tamanhos, capacidades...
- A maioria dos robôs manipuladores disponíveis hoje foi construindo seguindo uma das seguintes configurações:
  - Cartesiano (ou retangular ou linear) e Gantry
  - Cilíndrico (ou Post-type)
  - Esférico (ou Polar)
  - Articulado (ou com juntas)
  - SCARA
  - Paralelos

# Manipuladores Cartesianos

- Movimento por meio de coordenadas cartesianas:
  - Eixo x
  - Eixo y
  - Eixo z.
- As juntas prismáticas estão geralmente a 90 graus.



# Envelope de trabalho Cartesiano





# Manipulador Cartesiano

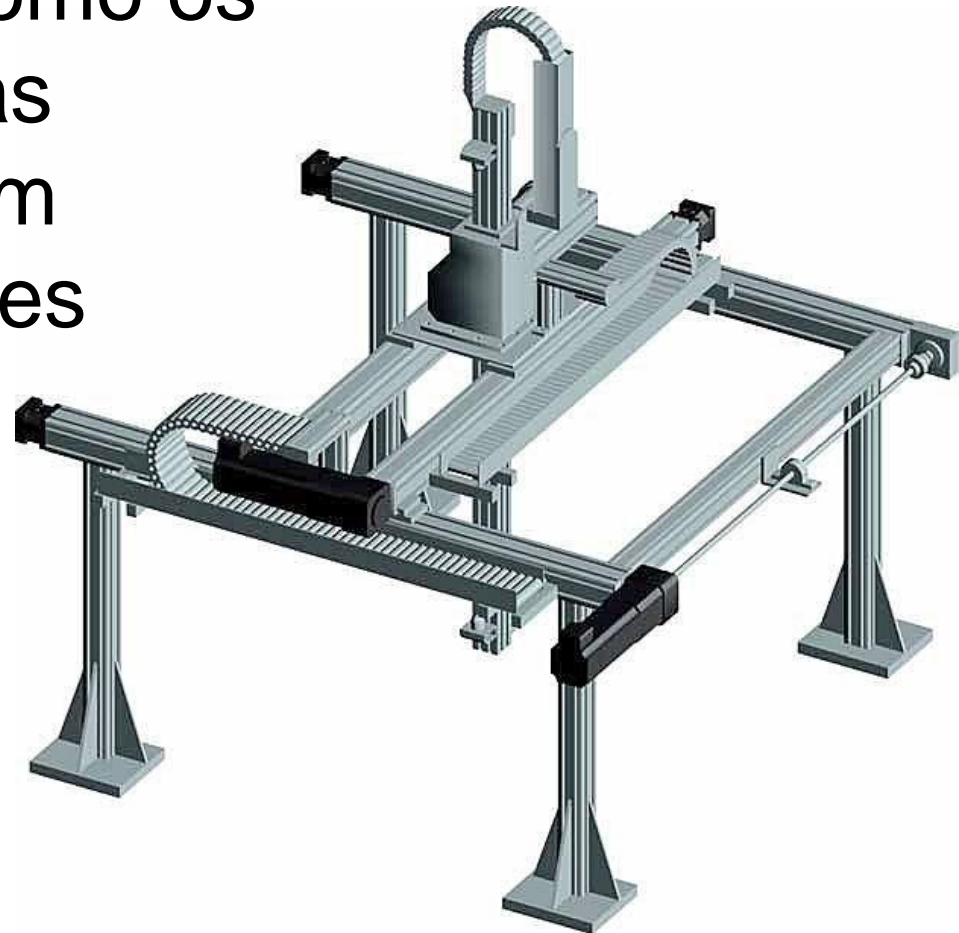


Technology **Yushin**

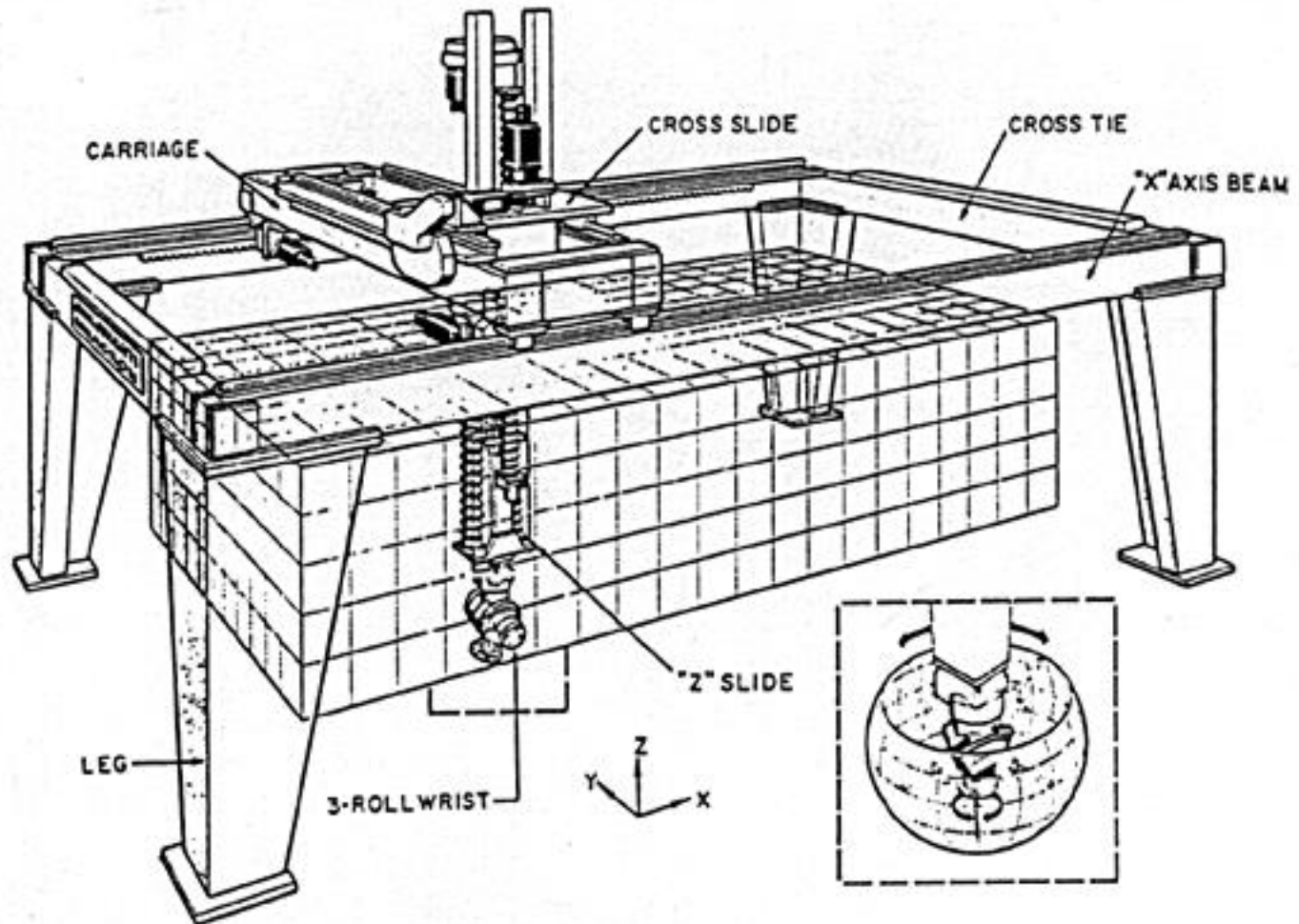


# Robôs tipo Gantry (Pórtico)

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



# Envelope de trabalho Gantry



# Manipulador Gantry



<http://www.compositemfg.com/GantryRobots.htm>



# Retangulares: Vantagens e Desvantagens

## ■ Vantagens:

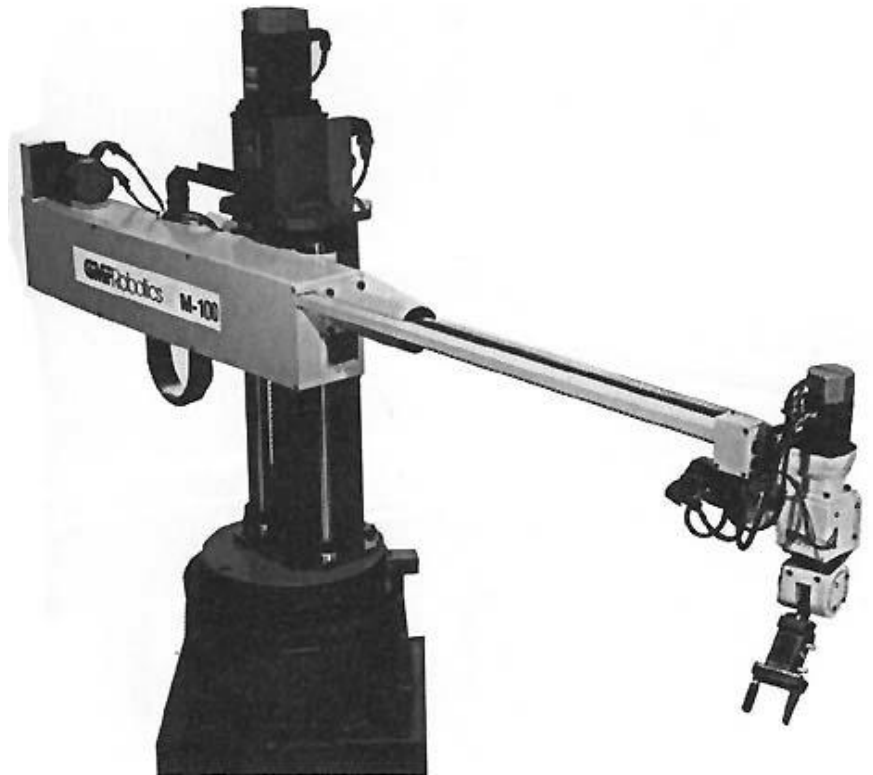
- Facilidade de visualização
- Facilidade de programação.
- Estrutura rígida.
- Grande área de trabalho em mesas.

## ■ Desvantagens:

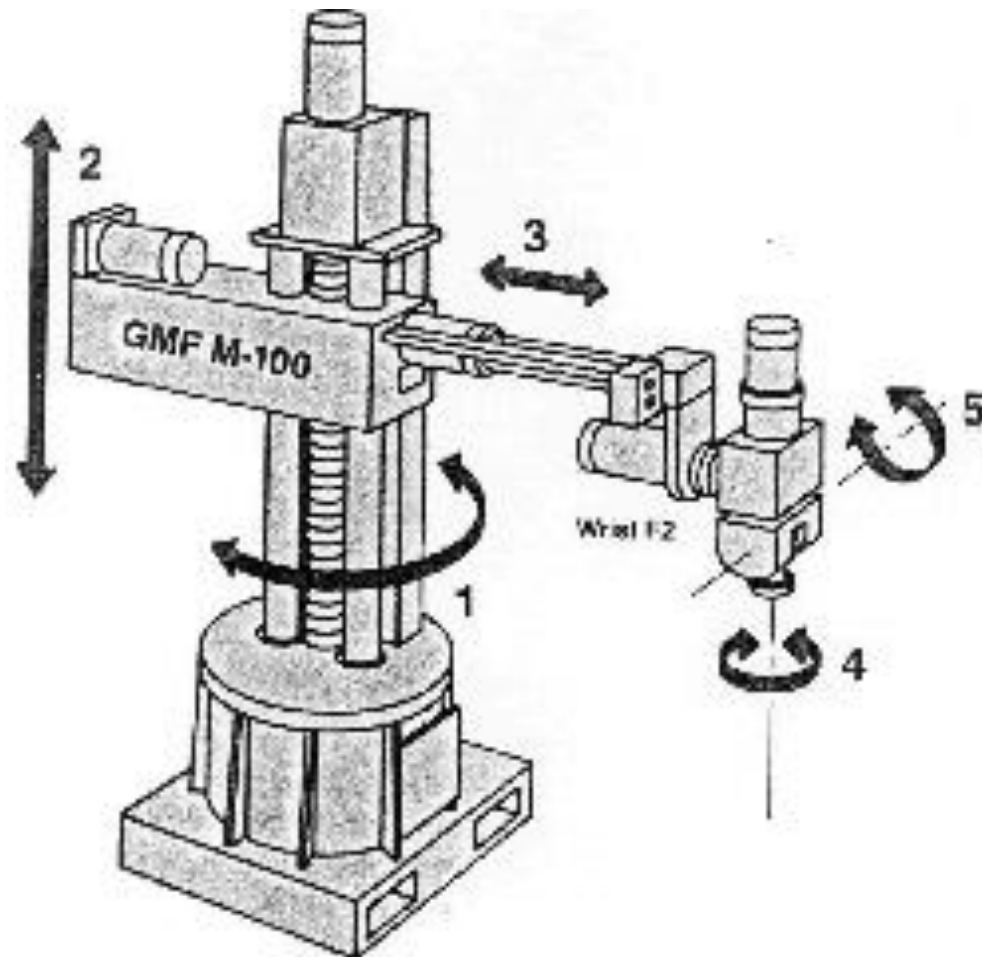
- Só pode alcançar na sua frente.
- Não alcançam o ponto acima do robô.
- Baixa relação envelope / área ocupada.

# Manipuladores Cilíndricos

- Movimento por meio de coordenadas cilíndricas:
  - Altura
  - Rotação
  - Extensão do braço



# Manipulador Cilíndrico

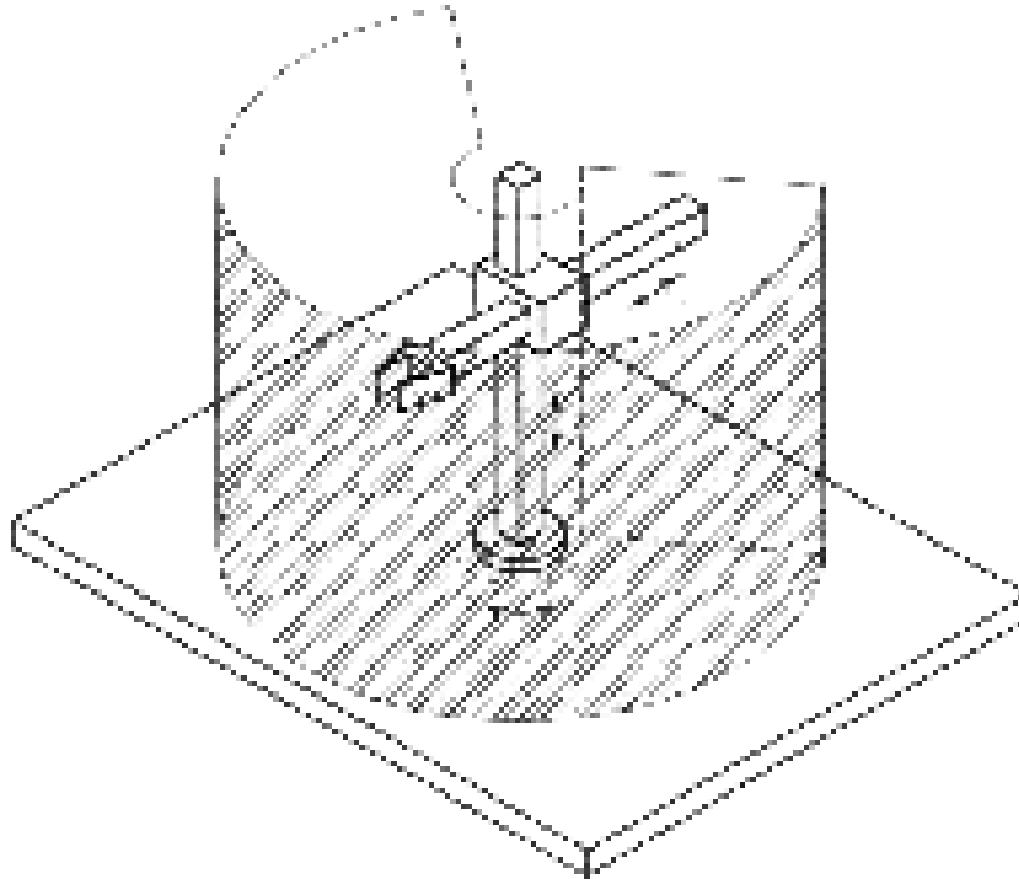




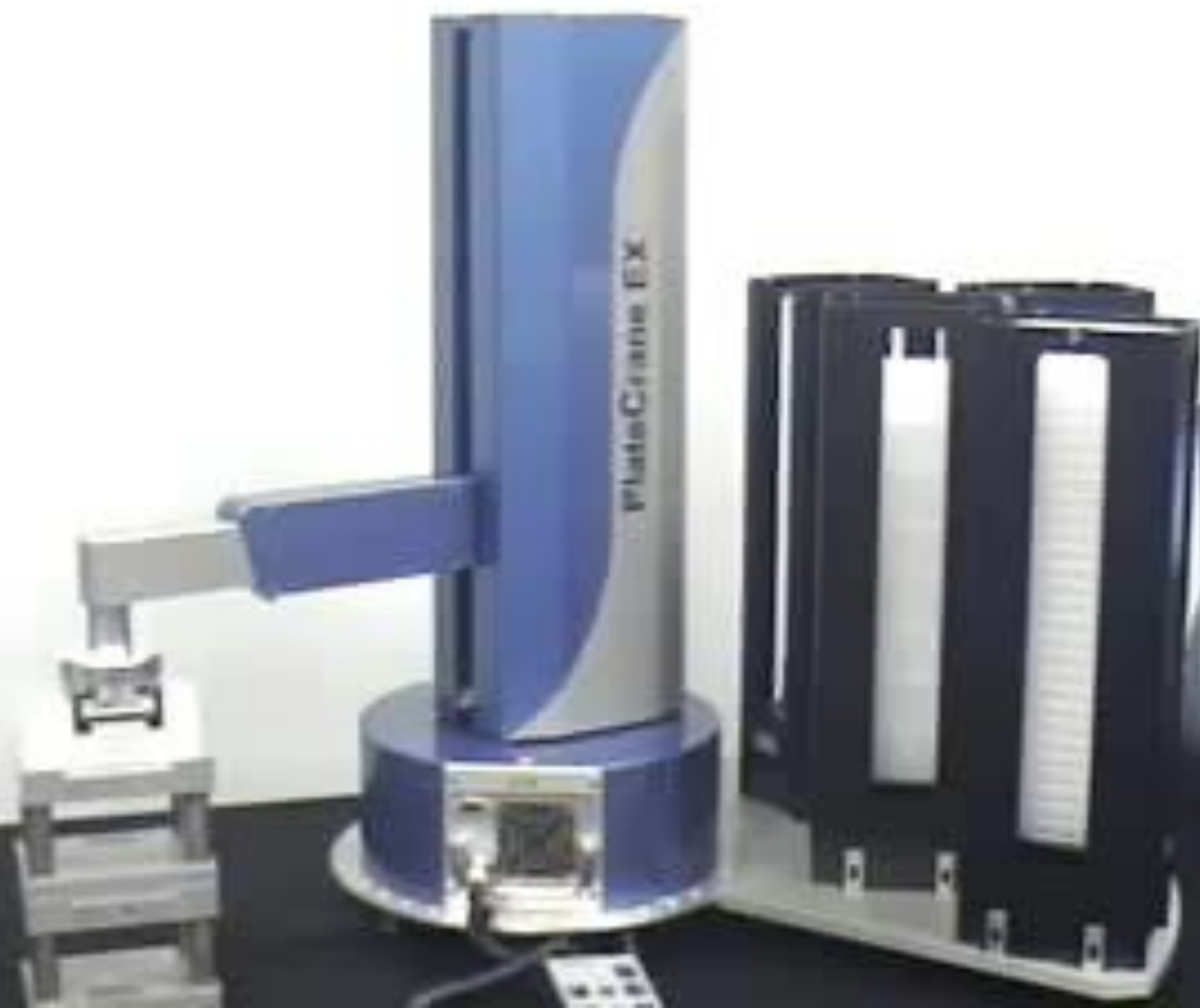
# Manipulador Cilíndrico



# Envelope de Trabalho Cilíndrico









# Cilíndricos: Vantagens e Desvantagens

## ■ Vantagens:

- Conseguir alcançar todo seu entorno.
- Eixos rígidos
- Eixos de rotação de fácil construção.

## ■ Desvantagens:

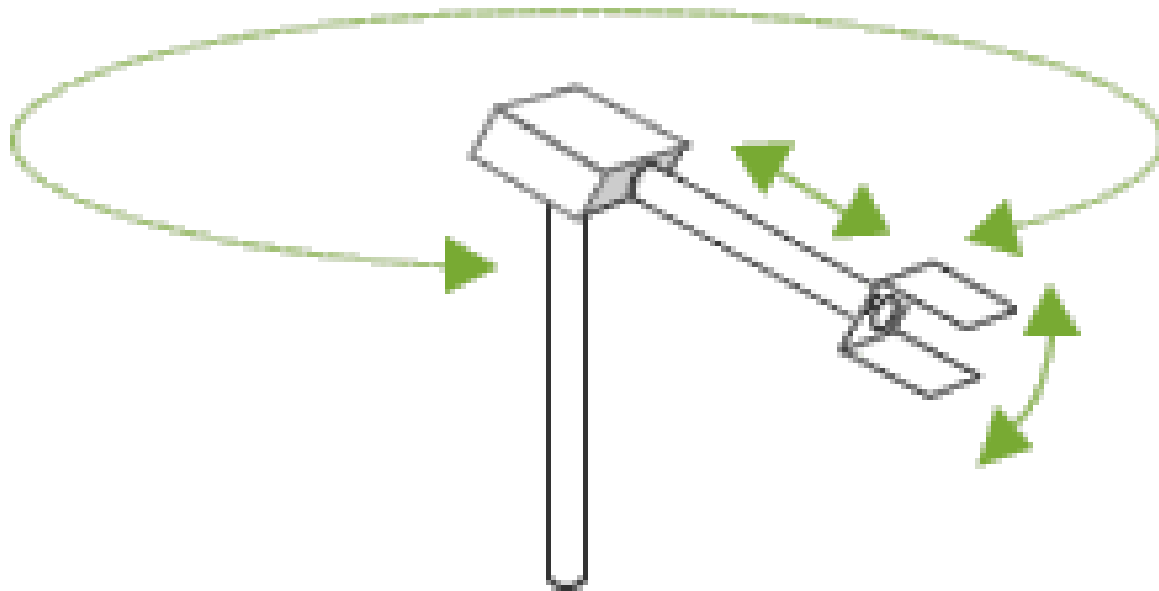
- Não consegue alcançar o ponto imediatamente acima do manipulador.
- Não consegue ultrapassar obstáculos.
- Movimentos na horizontal são circulares.

# Manipuladores Esféricos (ou Polares)

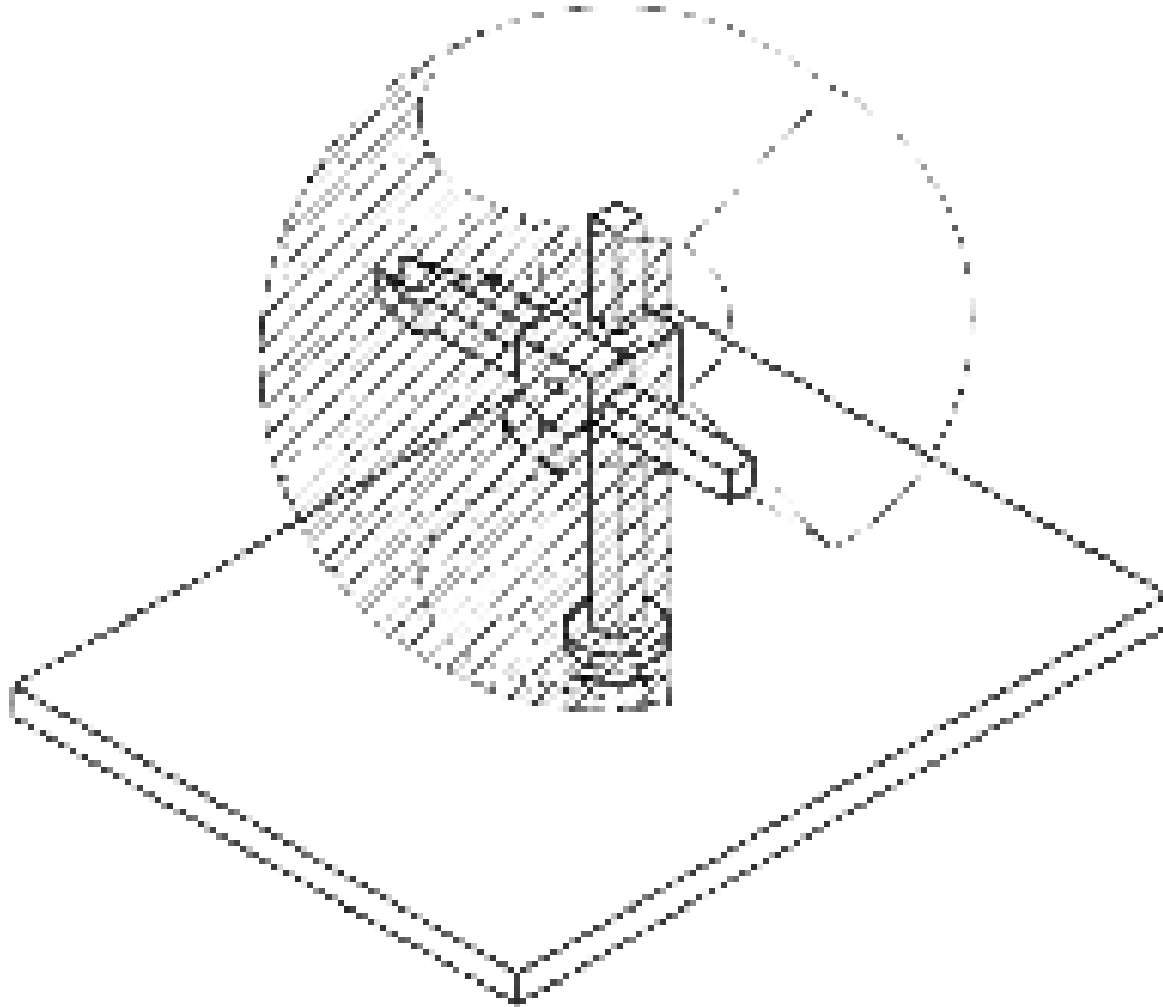
- Movimento por meio de coordenadas polares:
  - Rotação
  - Tilt (balanço)
  - Extensão
  - do braço.
- Unimate era Esférico.



# Manipuladores Esféricos



# Envelope de Trabalho Esférico









# Esfericos: Vantagens e Desvantagens

- Vantagens:

- Grande alcance na horizontal.

- Desvantagens:

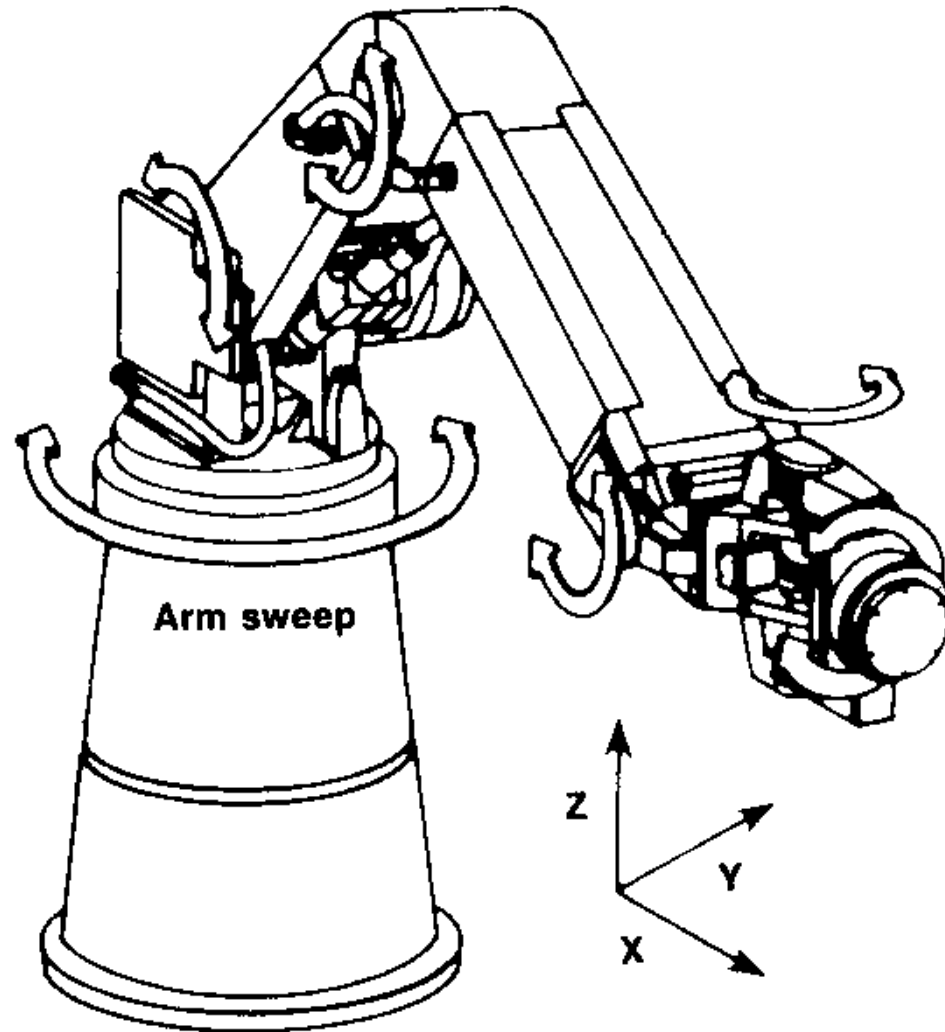
- Não consegue ultrapassar um obstáculo.
  - Geralmente possuem pequeno alcance vertical.

# Manipuladores Articulados

- Manipulador com diversas juntas rotativas verticais, com eixos na horizontal.
- Funciona como uma escavadeira.
- Possui geralmente 3 juntas rotatórias que permite atingir qualquer posição.
- PUMA é articulado.

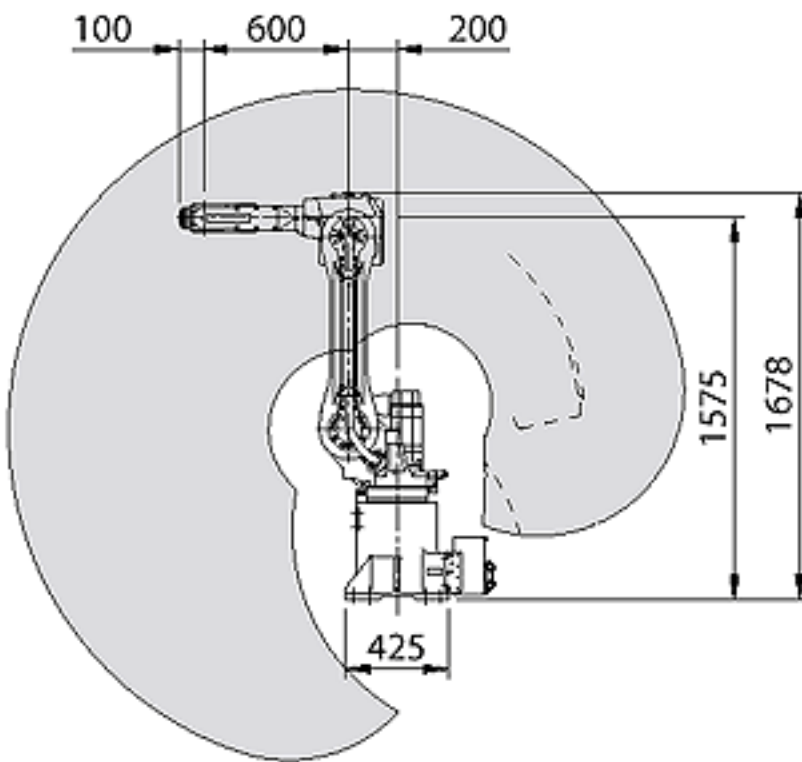


# Manipuladores Articulados

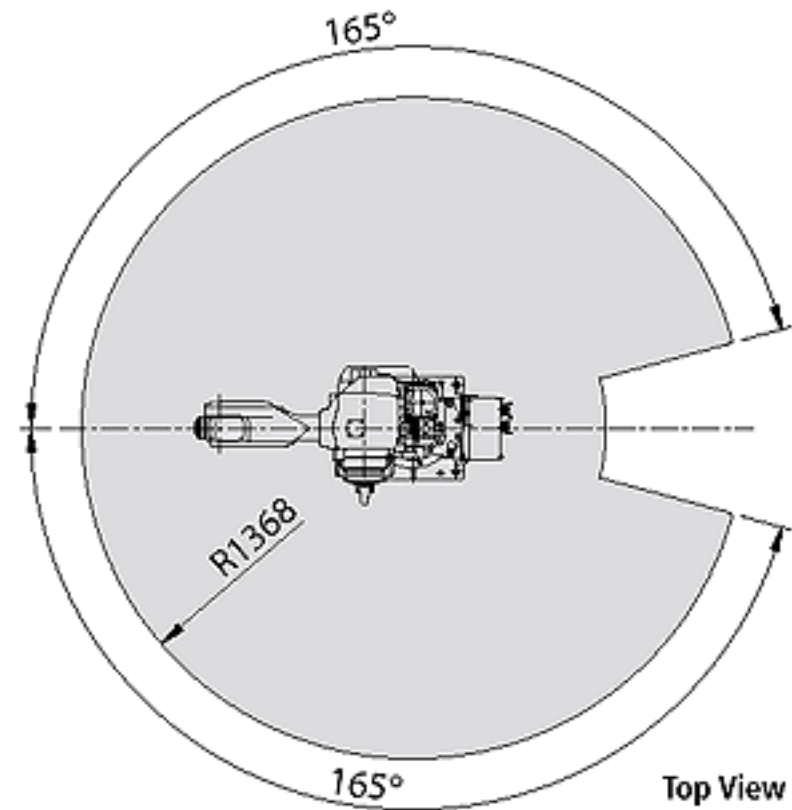


# Envelope de Trabalho Articulado

*Operating Space*



Side View



Top View

**FANUC** Robot  
M-16i/iL



# 6軸ロボット VM/VS



Model Name  
Weight  
Capacity

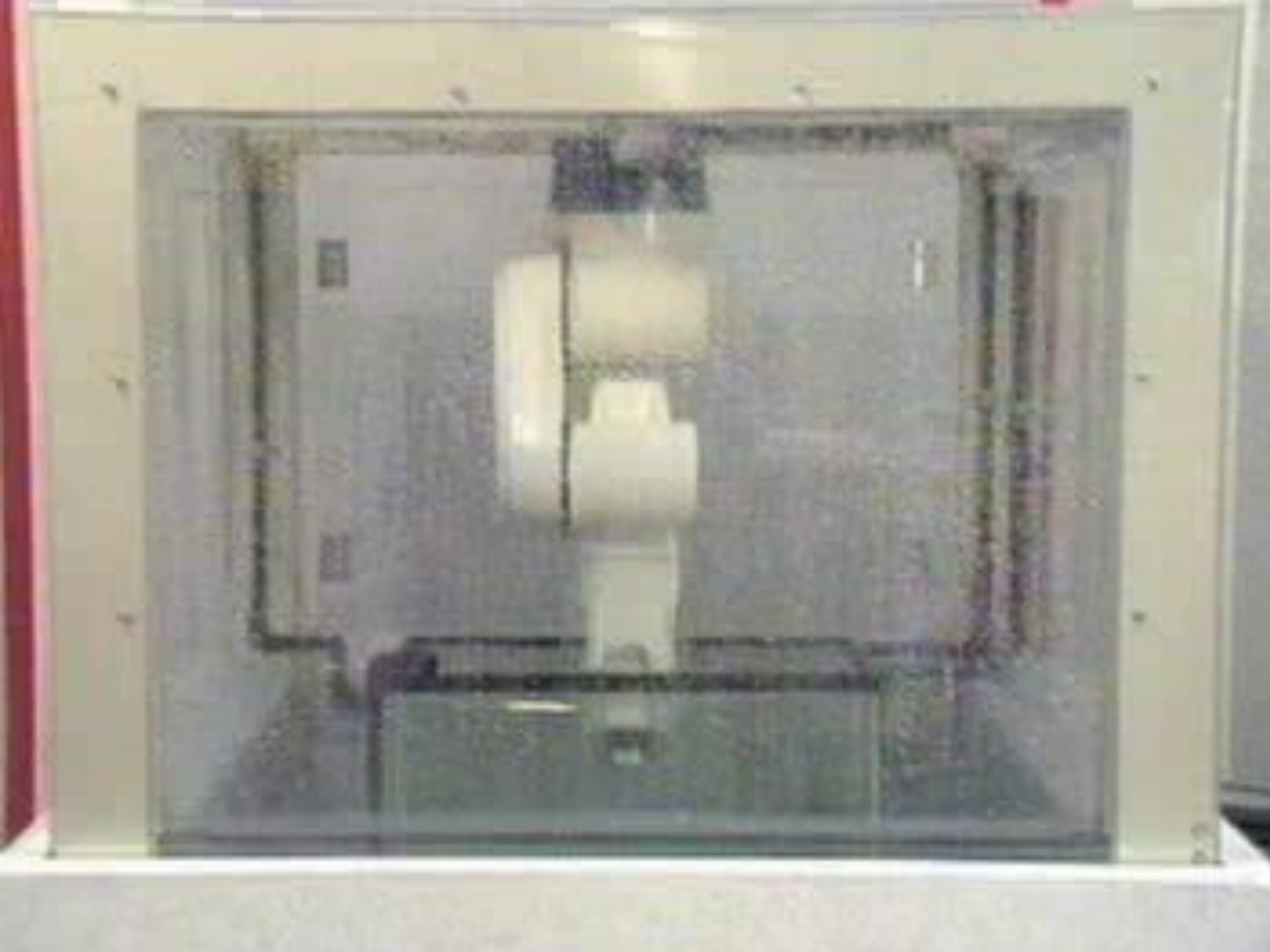


Model Name  
Weight  
Capacity



Model Name  
Weight  
Capacity

三井トツ









# Articulado: Vantagens e Desvantagens

## ■ Vantagens:

- Pode alcançar sobre ou sob obstáculos.
- A maior área de trabalho, com o menor área de alcance na mesa.
- Grande velocidade.

## ■ Desvantagens:

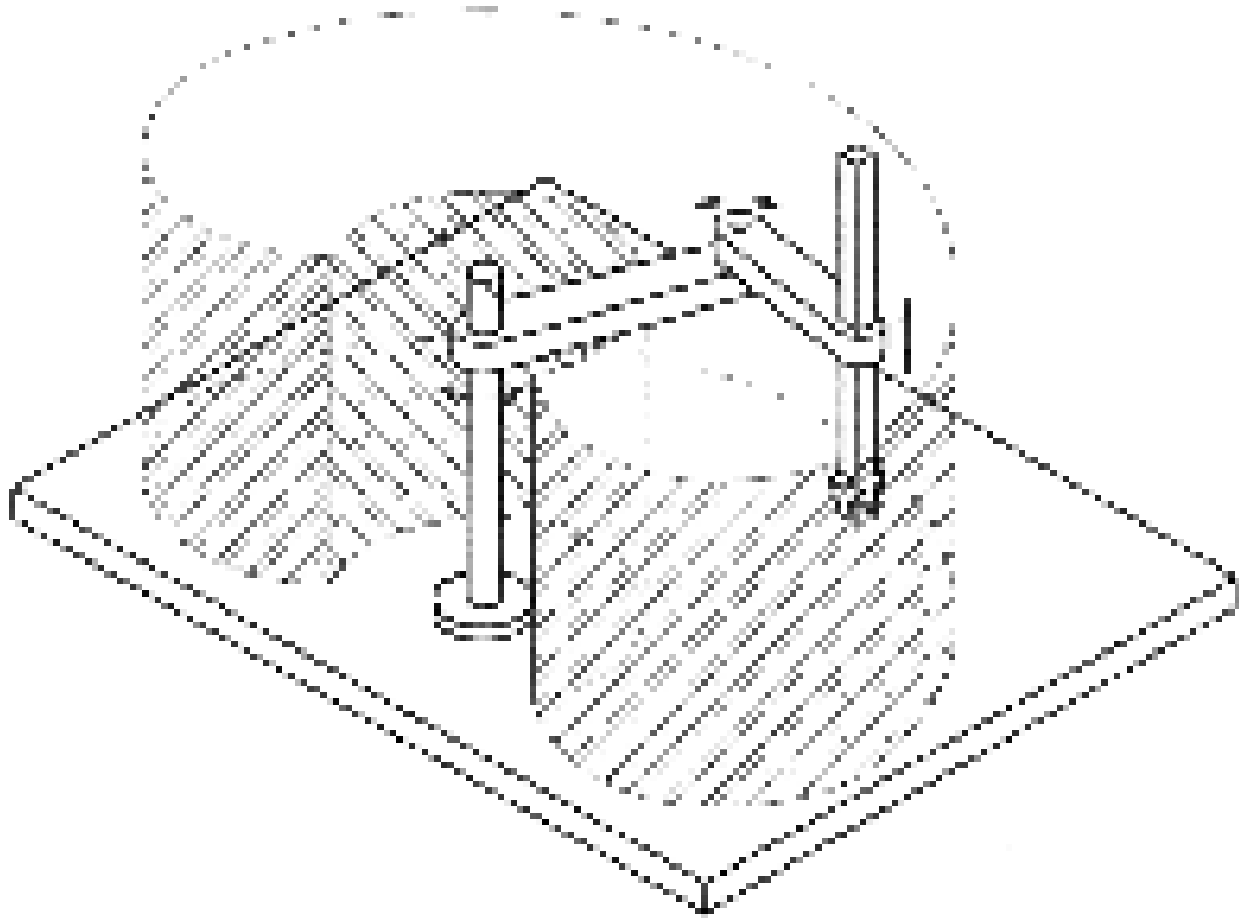
- De duas a quatro maneiras de alcançar um ponto.
- É o manipulador mais complexo de todos.

# Manipulador SCARA

- Manipulador não tradicional, que possui juntas rotativas com eixos na vertical (juntas na horizontal).
- Criado para manipular objetos pequenos com precisão.



# Envelope de Trabalho SCARA



4軸ロボット HM/HS



Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)



Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)



Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)



Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)

Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)

Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)

Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)

Model Name  
Weight (kg)  
Reach (mm)





# SCARA: Vantagens e Desvantagens

## ■ Vantagens:

- Grande área de trabalho em mesas.
- Pode alcançar atrás de obstáculos.

## ■ Desvantagens:

- Duas maneiras de alcançar um ponto.
- Dificuldade de programação
- Complexidade grande do manipulador

# Manipulador Paralelo

- Tem geometria paralela.
- Alguns autores não os consideram manipuladores, por não ter a forma de um braço.



# Manipulador Paralelo

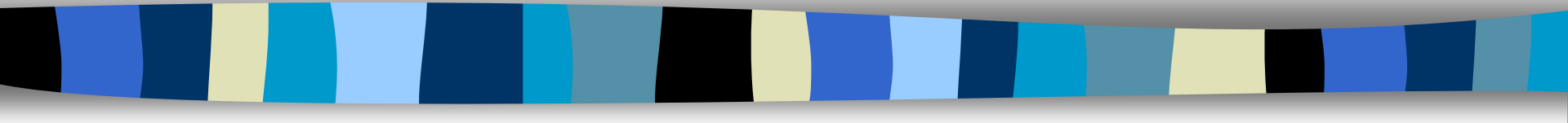








# Aplicações





# Razões para usar robôs

- Robôs devem executar tarefas chamadas “4D Jobs”:
  - Dull,
  - Dirty,
  - Dangerous, e
  - Difficult.
- Liberando os seres humanos destas tarefas.



# Razões para usar robôs

- Robôs devem executar tarefas chamadas “4H Jobs”:
  - Hot,
  - Heavy,
  - Hazardous, e
  - Humble.
- Liberando os seres humanos destas tarefas.

Prensa Transfer na China = Falta de segurança

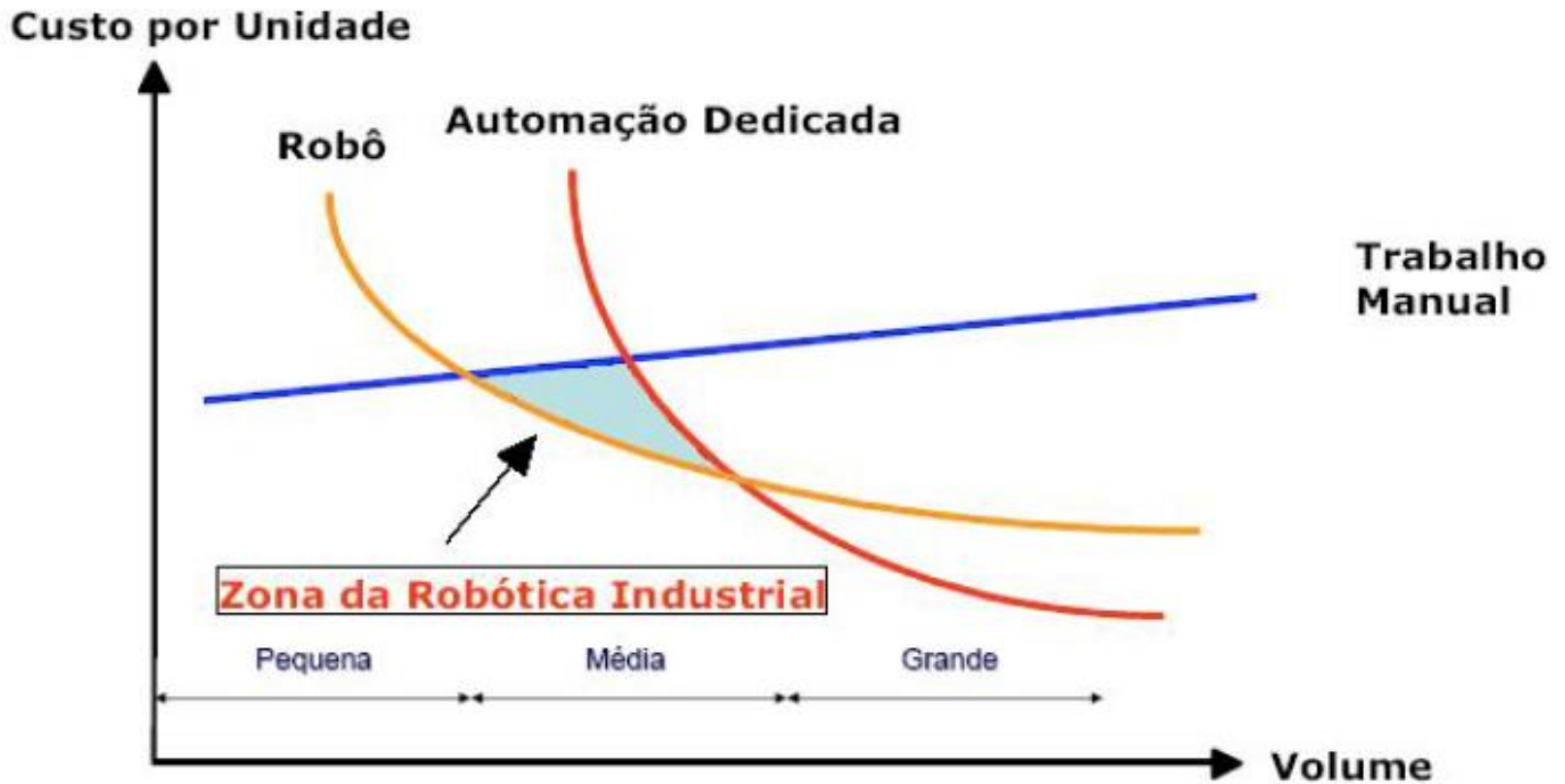




# Razões para usar robôs

- Reduzir custos de trabalho
- Eliminar trabalhos perigosos
- Aumentar taxa de produção
- Melhorar a qualidade do produto
- Aumentar flexibilidade do produto
- Reduzir desperdício de material
- Reduzir custo de capital

# A zona da robótica Industrial



De: Princípios da Mecatrônica, João Maurício Rosário.





# Aplicações de Robôs

- Pode-se dividir as aplicações em 3 grandes categorias:
  - Bem estabelecidas, baseadas em manipuladores.
  - As aplicações de ponta, baseadas em robôs móveis.
  - As possíveis aplicações futuras, baseadas em robôs móveis e humanóides.



# Aplicações de robôs - Bem estabelecidas.

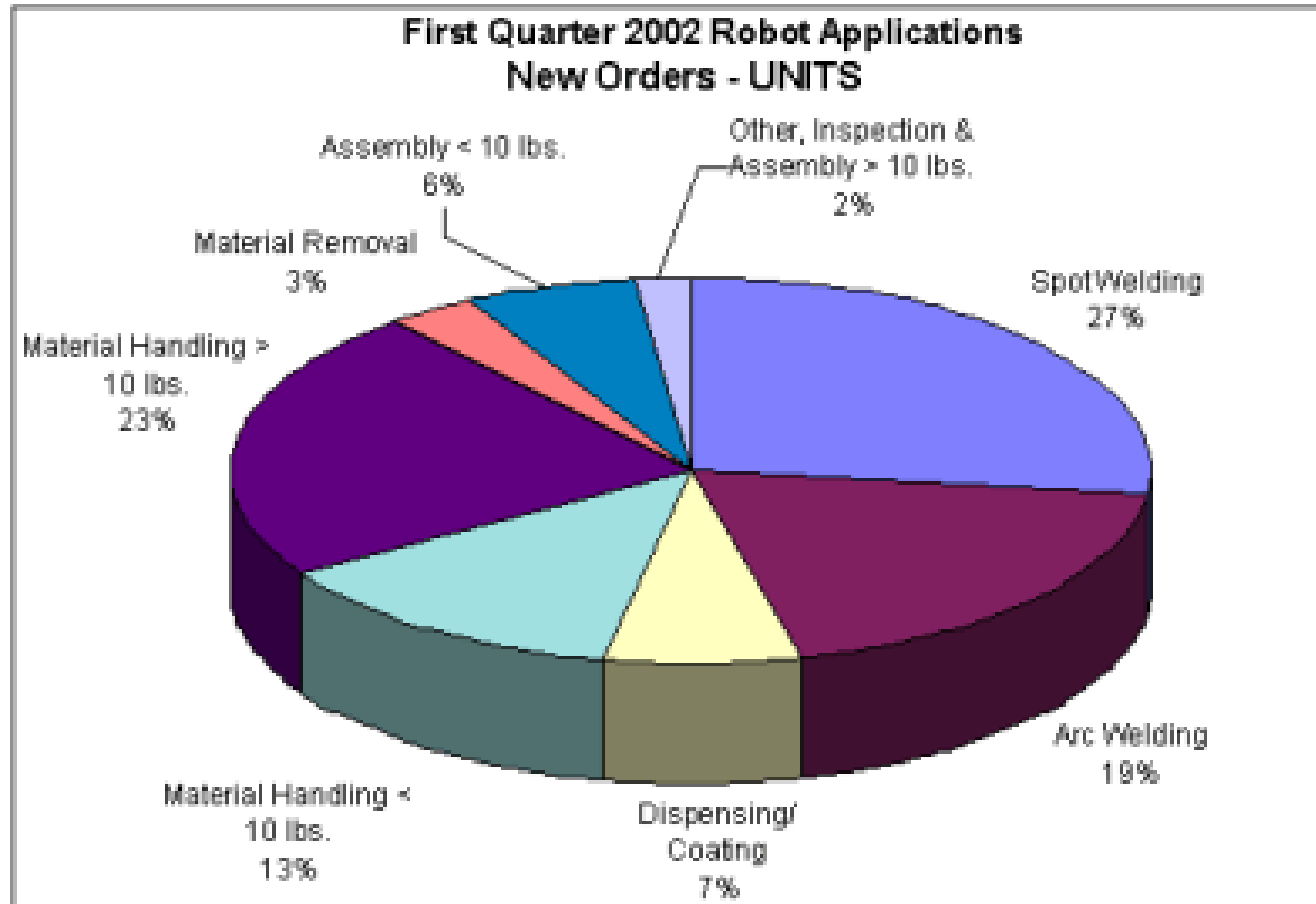
- A grande maioria de robôs são utilizados pelas indústrias para tarefas repetitivas.
- Estima-se que em 2004 atingiu-se a quantidade de 1 milhão de robôs industriais.
- Tarefas simples:
  - Pintura
  - Solda
  - Montagens simples.
- Consumidores:
  - Indústria Automobilística e Eletroeletrônica.



# WELDING

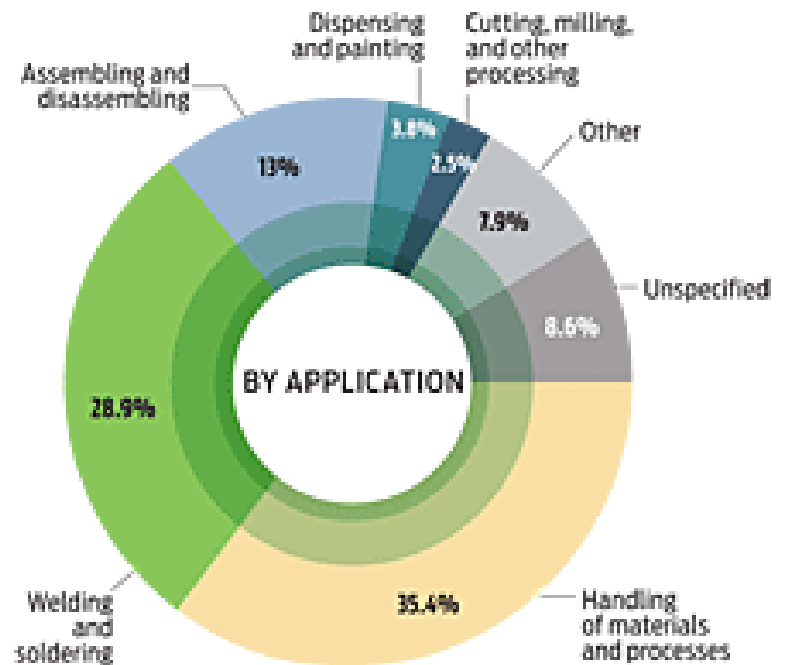
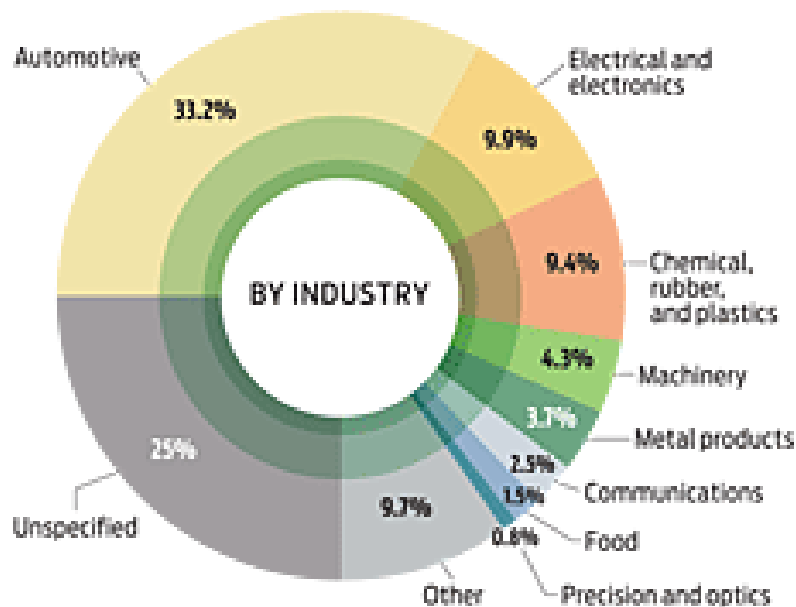
## Spot

# Aplicações (RIA, 2002)

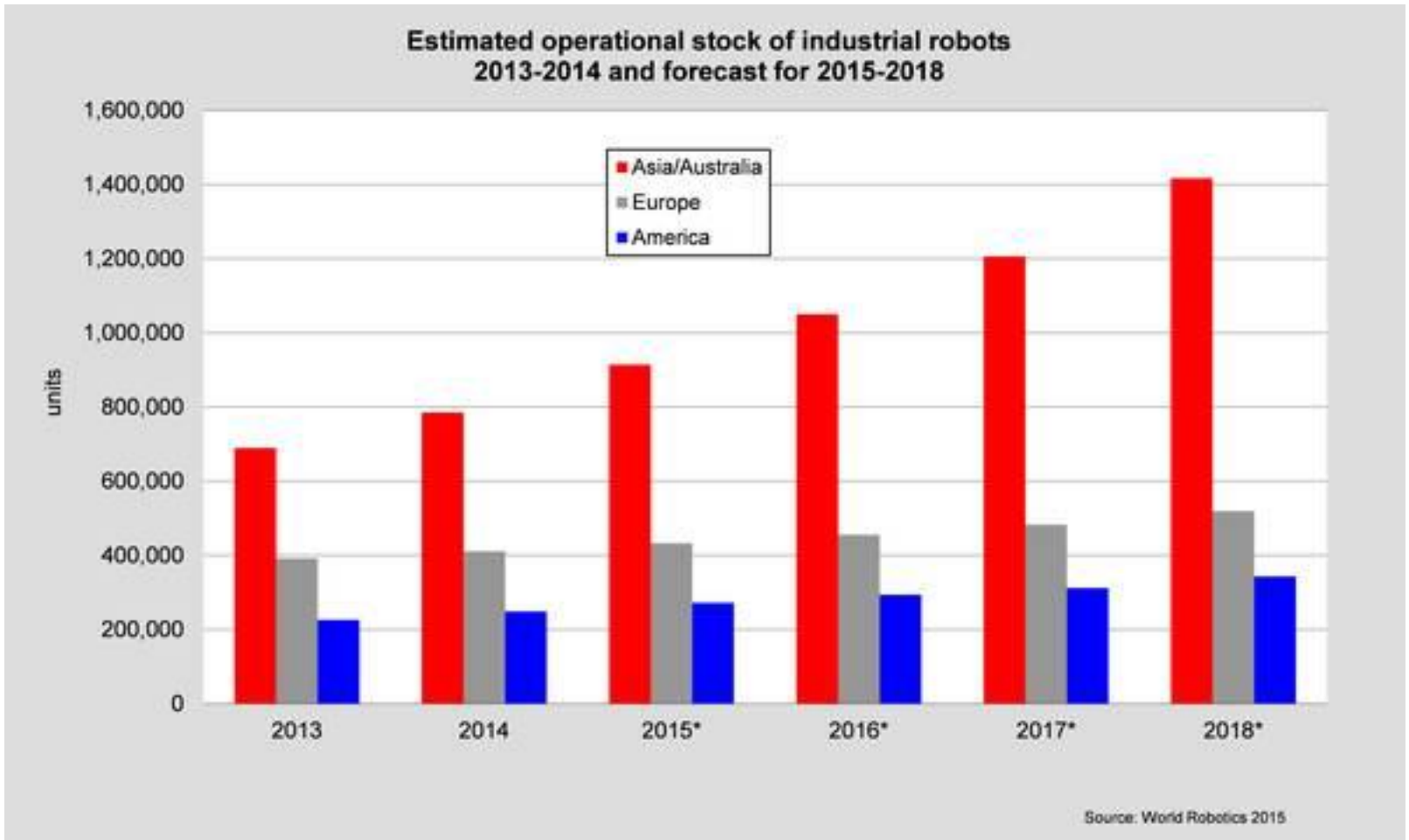


# Aplicações (?, ~ 2010)

## INDUSTRIAL ROBOTS



# Robôs industriais instalados

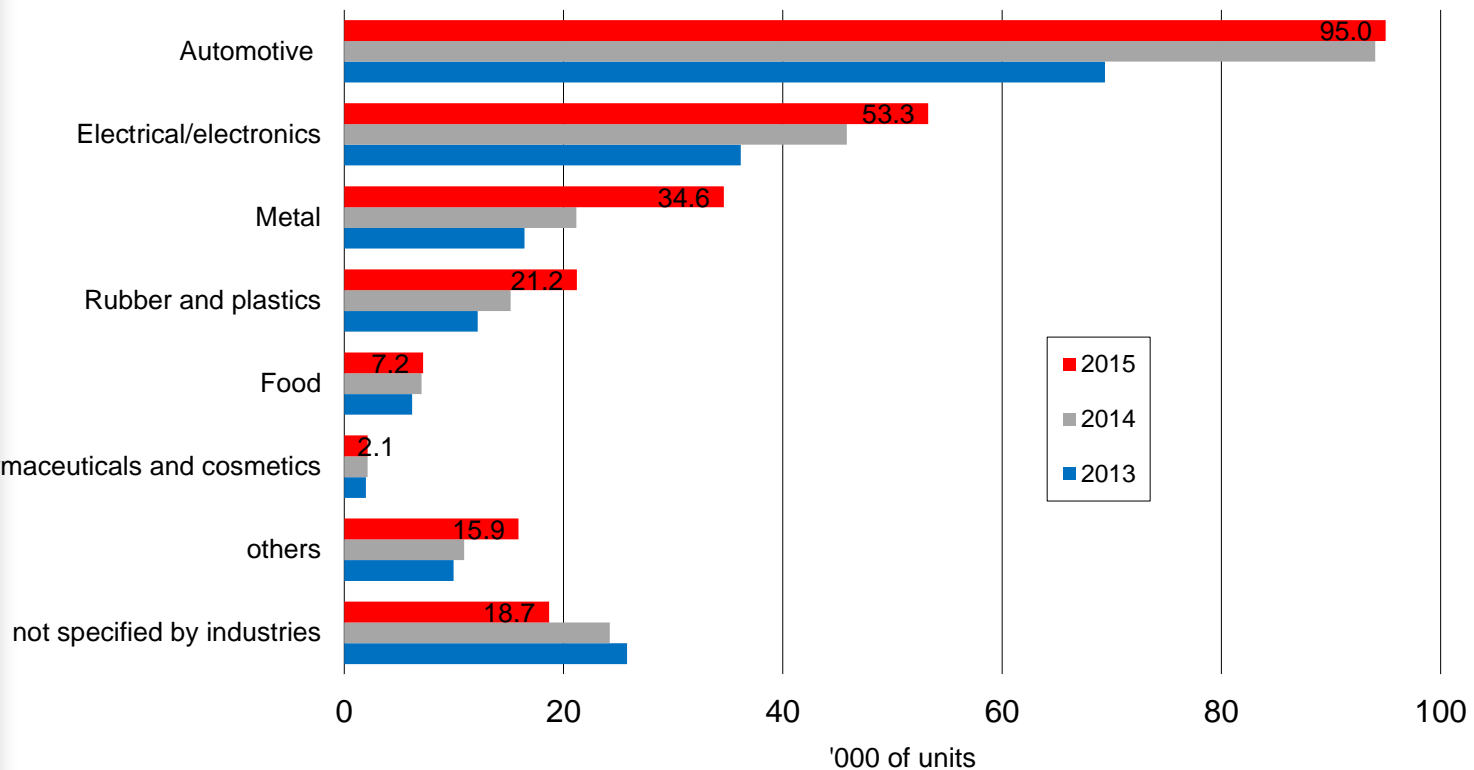


Fonte: IFR

<http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>

# Robôs Industriais x Indústrias

Estimated worldwide annual supply of industrial robots  
at year-end by main industries 2013 - 2015



Source: IFR Statistical Department

Fonte: IFR

<http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>



# Aplicações de robôs - Modernas

- Tarefas domésticas simples:
  - aspirador de pó ou
  - limpadores de piscinas.
- Exploração:
  - Espacial
  - Submarina
  - Ambientes Perigosos
- Medicina:
  - Assistentes em cirurgias.
- Entretenimento.



# Electrolux Trilobite







# Limpador automático de Piscina Dolphin



**LET'S BUILD**  
**CONSUMER GUIDE**



# Spirit e Opportunity (2004)





# Robodoc

This was a collaborative effort between IBM Research and surgeons and researchers at the University of California at Davis.



# Da Vinci Surgical System



# Origami Using da Vinci<sup>®</sup> Surgical System



# A primeira mulher biônica

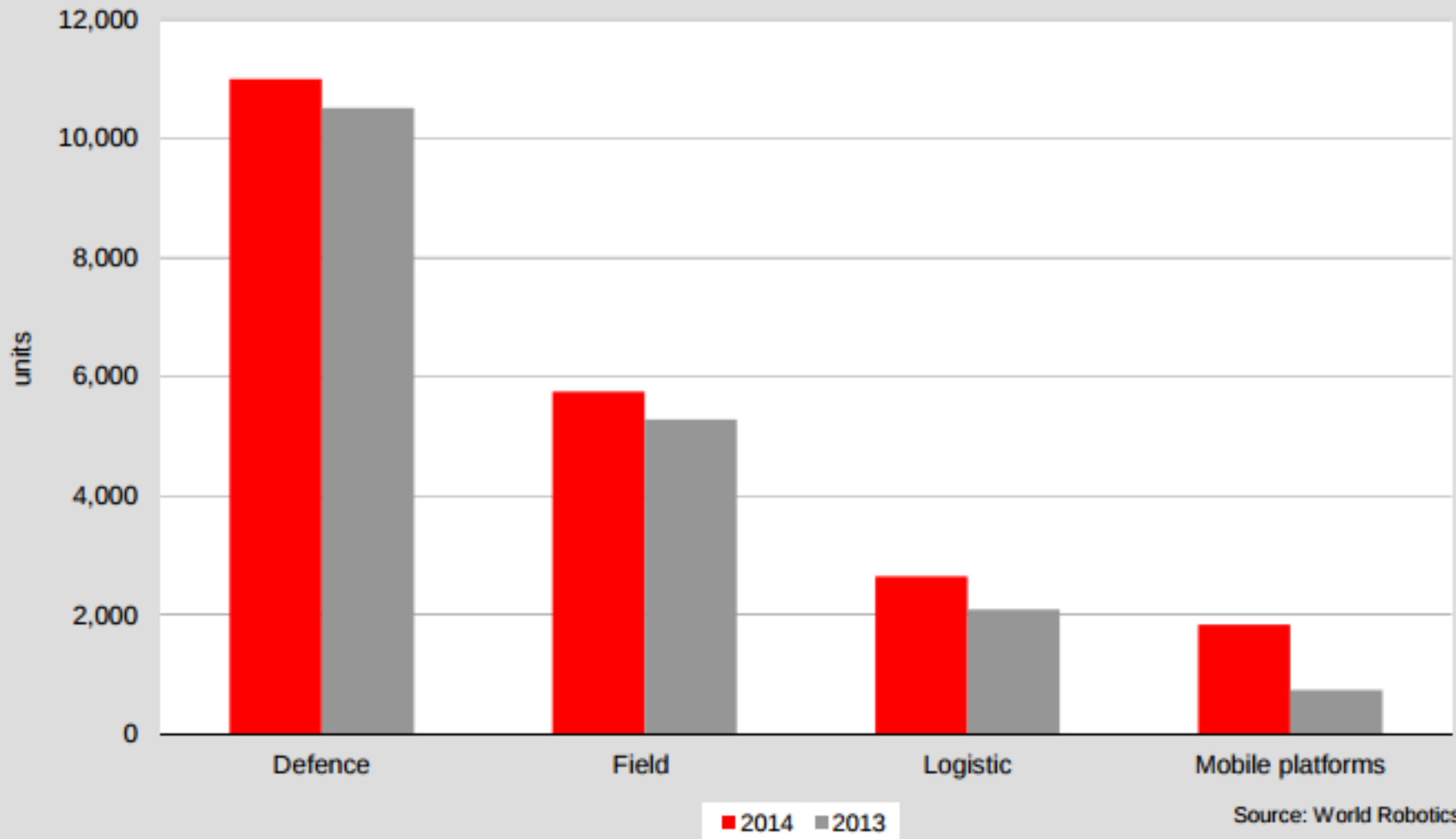




# A primeira mulher biônica

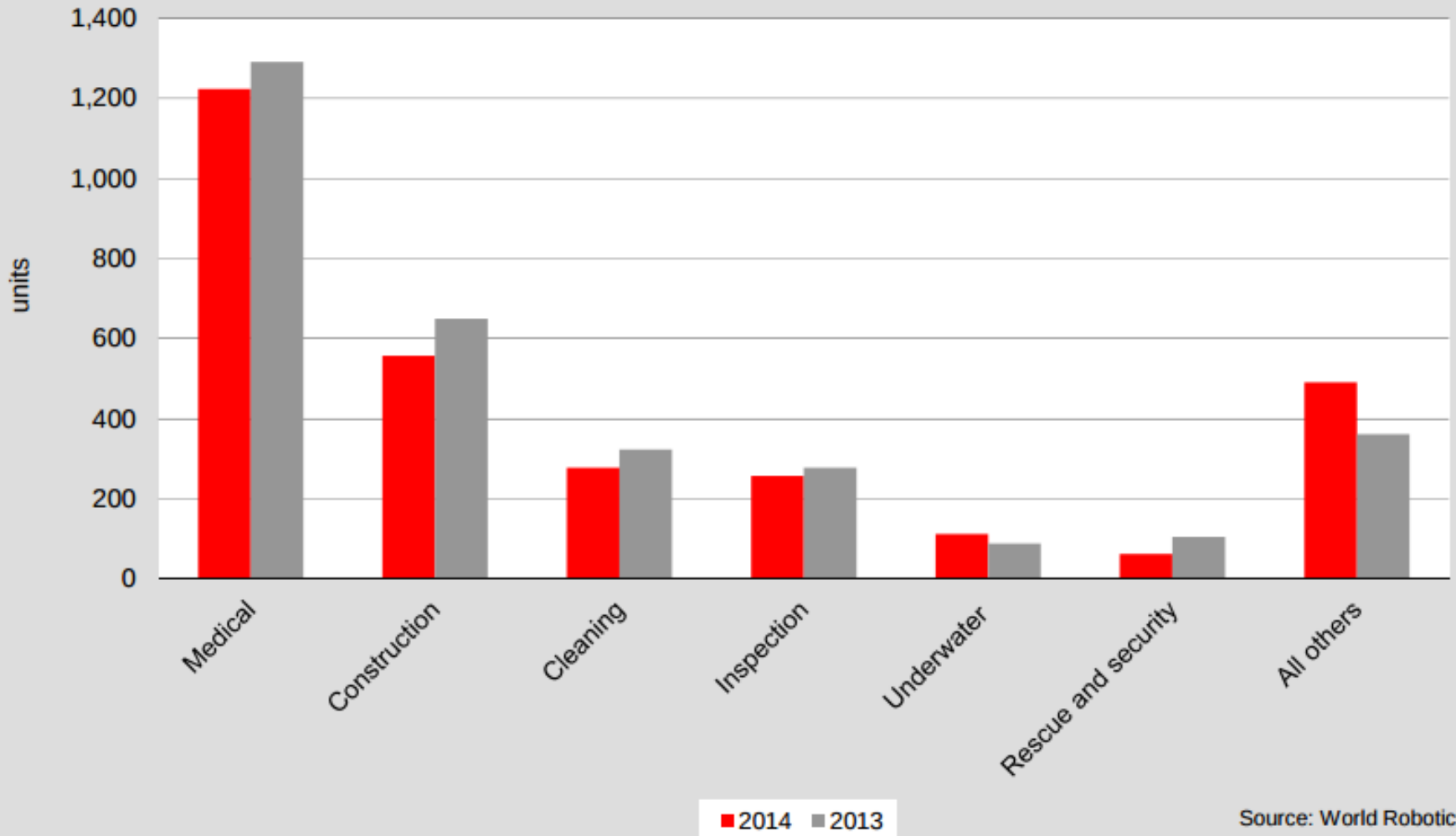
- The first woman in the world has been fitted with a robotic arm that she can control with her thoughts.
- Claudia Mitchell, 26, from the US, lost her left arm in an accident.
- Her new arm lets her do things like do the dishes, fold clothes, and eat a banana.

**Service robots for professional use.  
Sold units 2014 and 2013 (main applications)**



Source: World Robotics 2015

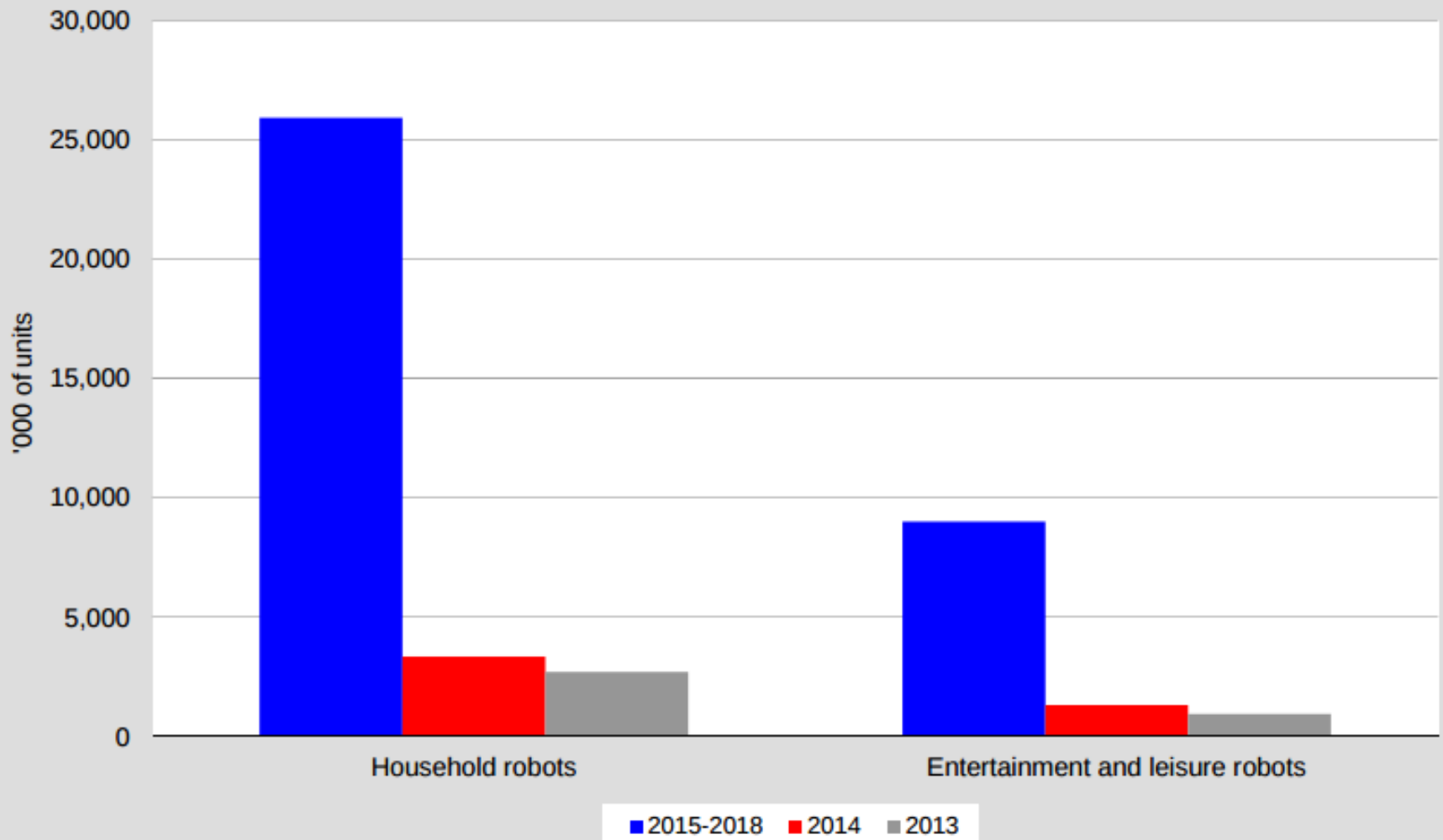
**Service robots for professional use.  
Sold units 2014 and 2013 (continued)**



Source: World Robotics 2015

Source: World Robotics 2015

**Service robots for personal/domestic use.  
Units sales Forecast 2015-2018, 2014 and 2013**



Source: World Robotics 2015



# Futuras Aplicações

- Baseadas em robôs humanóides:
  - Busca e Salvamento,
  - Empregada doméstica,
  - ...
- Robôs Universais:
  - Robôs para qualquer tipo de tarefa.
- ?

Twenty-one



<http://robot.watch.impress.co.jp/>

TWENTY ONE







# Baxter by Rethink Robotics





# Futuras Aplicações

- By the end of 2007, some 4.1 million domestic robots will likely be in use.
  - UN report, 2004
- "Falling or stable robot prices, increasing labor costs and continuously improving technology are major driving forces."
  - Jan Karlsson (UN report, 2004)

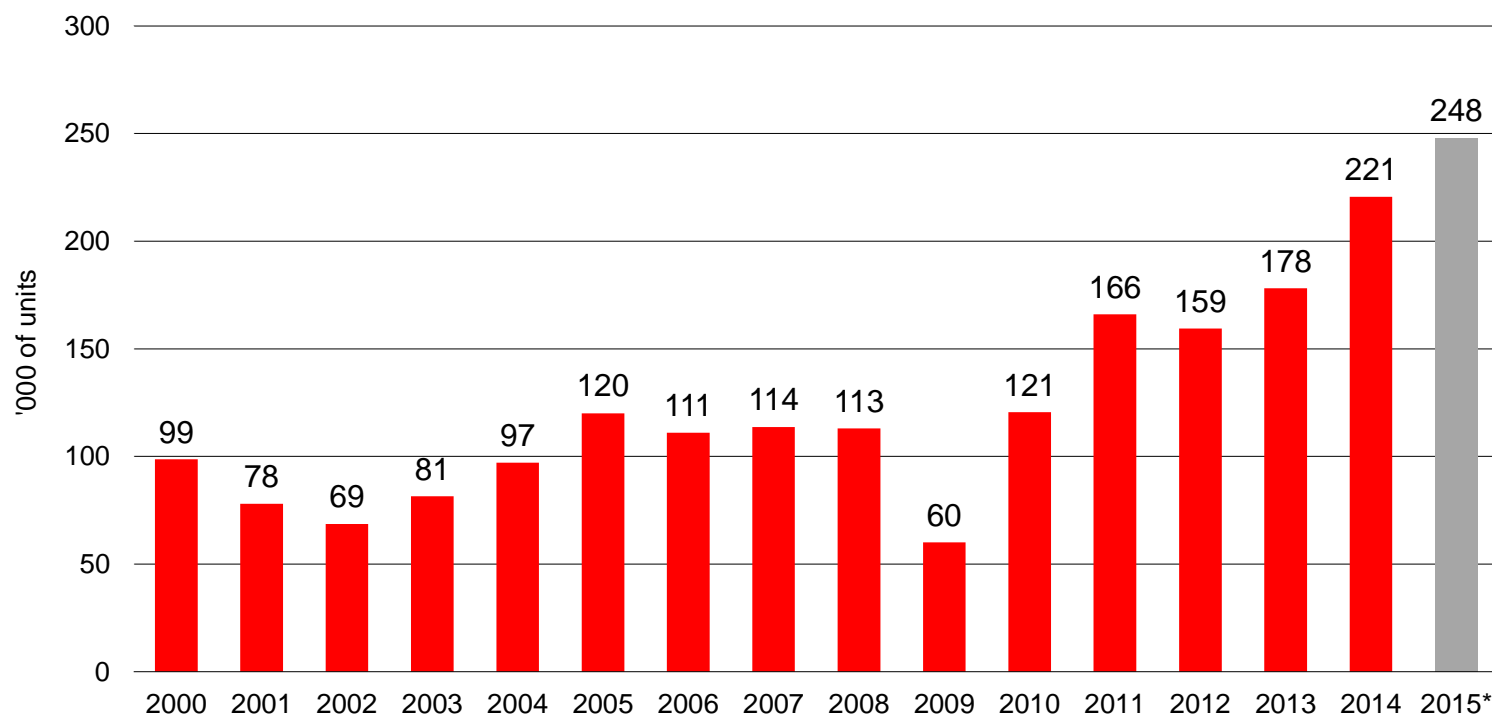


# Conclusão

- Atualmente há 30 fabricantes de robôs nos Estados Unidos e mais de 500 em todo o mundo.
- Robótica vem se desenvolvendo como tecnologia há 60 anos.
- Robótica é uma tecnologia estratégica.
- E no Brasil?
- Futuro?

# Robôs industriais instalados / ano

Worldwide annual supply of industrial robots  
2000 - 2015



Source: IFR Statistical Department

Fonte: IFR

<http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>



# RIA prediction for Brazil in 2010

- *Turning his attention to Brazil, Christian says, “Brazil is doing very well: Their recession was shallower and less lengthy than in the US. The Brazilian currency has stabilized, and with the weak dollar, buying automation from the US is popular now.” Christian maintains that Brazil is on the cusp of considerable growth in the next few years. “Brazil is energy-independent, has tremendous agricultural capabilities, and is upgrading their ports. With 190 million people who consume almost three million cars a year, Brazil is poised to really explode in the automotive and durable goods markets.” The robotics industry sees Brazil as a bright area for growth and will take advantage of that in 2010.*



## Relatório da IFR, 2015...

- Robot sales to **Brazil** further decreased to almost 1,300 units in 2014, 9% less than in 2013.

Estimated operational stock of multipurpose industrial robots at year-end in selected countries. Number of units

Country	2013	2014	2015*	2018*
<b>America</b>	<b>226,071</b>	<b>248,430</b>	<b>272,000</b>	<b>343,000</b>
Brazil	8,564	9,557	10,300	18,300
North America (Canada, Mexico, USA)	215,817	236,891	259,200	323,000
Other America	1,690	1,982	2,500	1,700
<b>Asia/Australia</b>	<b>689,349</b>	<b>785,028</b>	<b>914,000</b>	<b>1,417,000</b>
China	132,784	189,358	262,900	614,200
India	9,677	11,760	14,300	27,100
Japan	304,001	295,829	297,200	291,800
Republic of Korea	156,110	176,833	201,200	279,000
Taiwan	37,252	43,484	50,500	67,000
Thailand	20,337	23,893	27,900	41,600
other Asia/Australia	29,188	43,871	60,000	96,300
<b>Europe</b>	<b>392,227</b>	<b>411,062</b>	<b>433,000</b>	<b>519,000</b>
Czech Rep.	8,097	9,543	11,000	18,200
France	32,301	32,233	32,300	33,700
Germany	167,579	175,768	183,700	216,800
Italy	59,078	59,823	61,200	67,000
Spain	28,091	27,983	28,700	29,500
United Kingdom	15,591	16,935	18,200	23,800
other Europe	81,490	88,777	97,900	130,000
<b>Africa</b>	<b>3,501</b>	<b>3,874</b>	<b>4,500</b>	<b>6,500</b>
not specified by countries**	21,070	32,384	40,500	41,500
<b>Total</b>	<b>1,332,218</b>	<b>1,480,778</b>	<b>1,664,000</b>	<b>2,327,000</b>

Sources: IFR, national robot associations.

\*forecast

\*\* reported and estimated sales which could not be specified by countries

Source: World Robotics 2015, IFR



10 mais  
que você  
não pode  
deixar de  
ver...





# 10 filmes que você não pode deixar de ver...

- Metropolis (1927).
- O Dia em que a Terra Parou (1951).
- Forbidden Planet (1956).
- 2001 ... (1968).
- Futureworld (1976).
- Alien e Alien Ressurection (1979).
- Blade Runner (1982).
- Trilogia Exterminador do Futuro (84,91,03,?)
- Trilogia Matrix (99,03,03)
- Hexalogia Guerra nas Estrelas (77, 80, 83, 99, 02, 05).



# Os 10 piores filmes de robôs (que eu gosto)

- The Black Hole (1979)
- Saturno 3 (1980)
- Heavy Metal (1981)
- Runaway (1984)
- D.A.R.Y.L (1985)
- Short Circuit (1986)
- RoboCop (1987)
- Cherry 2000 (1987)
- Inspetor Bugiganga (1999)
- O Homem Bicentenário (1999)



# 10 livros de robôs

- “The Complete Robot” - Isaac Asimov.
- The Robot Novels: “Caves of Steel”, “The Naked Sun”, “The Robots of Dawn”, “Robots and Empire” - Isaac Asimov.
- “Do Androids Dream of Electric Sheep?” - Philip Dick
- “Rendezvous with Rama” - Arthur C. Clarke.
- “2001”, “2010” - Arthur C. Clarke.
- RUR - Karel Capek



# 10 séries de televisão

- Os Jetsons.
- Perdidos no Espaço.
- Transformers.
- O Homem de 6 milhões de dólares.
- Galactica (1980 e 2000)
- Jornada nas Estrelas.
- Buck Rogers no século 25.
- Super Máquina.
- Futurama.

# Galactica 80 x Galactica 2000







# Links desta aula

- <http://www.ai.sri.com/videos/>
- <http://www.faculty.ucr.edu/~currie/roboadam.htm>
- <http://www.cs.bham.ac.uk/research/robotics/cbbc/history.php>
- <http://www.thocp.net/reference/robotics/robotics.html>
- <http://www.rurobots.co.uk/>
- [http://www.unece.org/press/pr2004/04robots\\_index.htm](http://www.unece.org/press/pr2004/04robots_index.htm)
- <http://www.christianitytoday.com/movies/commentaries/top10movierobotsofalltime.html>





# Links

- <http://www.techeblog.com/index.php/tech-gadget/top-10-coolest-robots>
- <http://www.techeblog.com/index.php/tech-gadget/top-10-strangest-robots>
- <http://www.newscientist.com/popuparticle.ns?id=in124>
- <http://www.portalmix.com/cine/top10/robots/>
- [http://www.yesbutnobutyes.com/archives/2006/01/the\\_top\\_ten\\_sex.html](http://www.yesbutnobutyes.com/archives/2006/01/the_top_ten_sex.html)
- <http://www.therobotreport.com/>
- <http://twendyone.com>

