

Robótica



Prof. Reinaldo Bianchi

Centro Universitário da FEI

2016

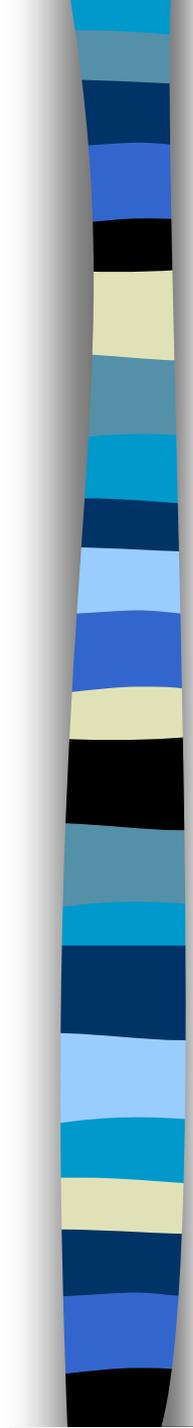
2ª Aula

Parte A



AVISO

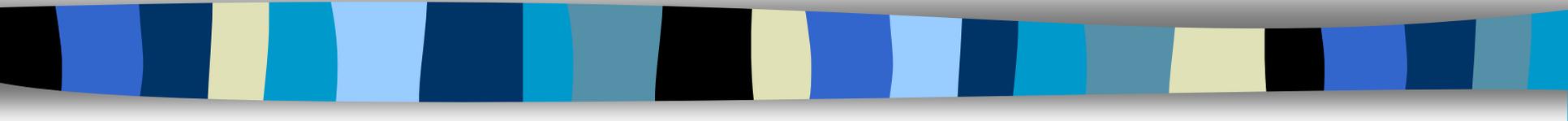
- Próxima aula usaremos o laboratório.
- Peguem as suas senhas para usar o CCI na secretaria até a próxima quarta feira.



Objetivos desta aula

- Componentes básicos de um manipulador.
- Efetadores
 - Garras, Mãos e Ferramentas.
 - Análise de força dos atuadores mecânicos.
 - Complacência.
- Sensores.
 - Capítulos 3, 4, 5 e 6 do Keramas.
 - Capítulo 1 do Craig.

Componentes básicos

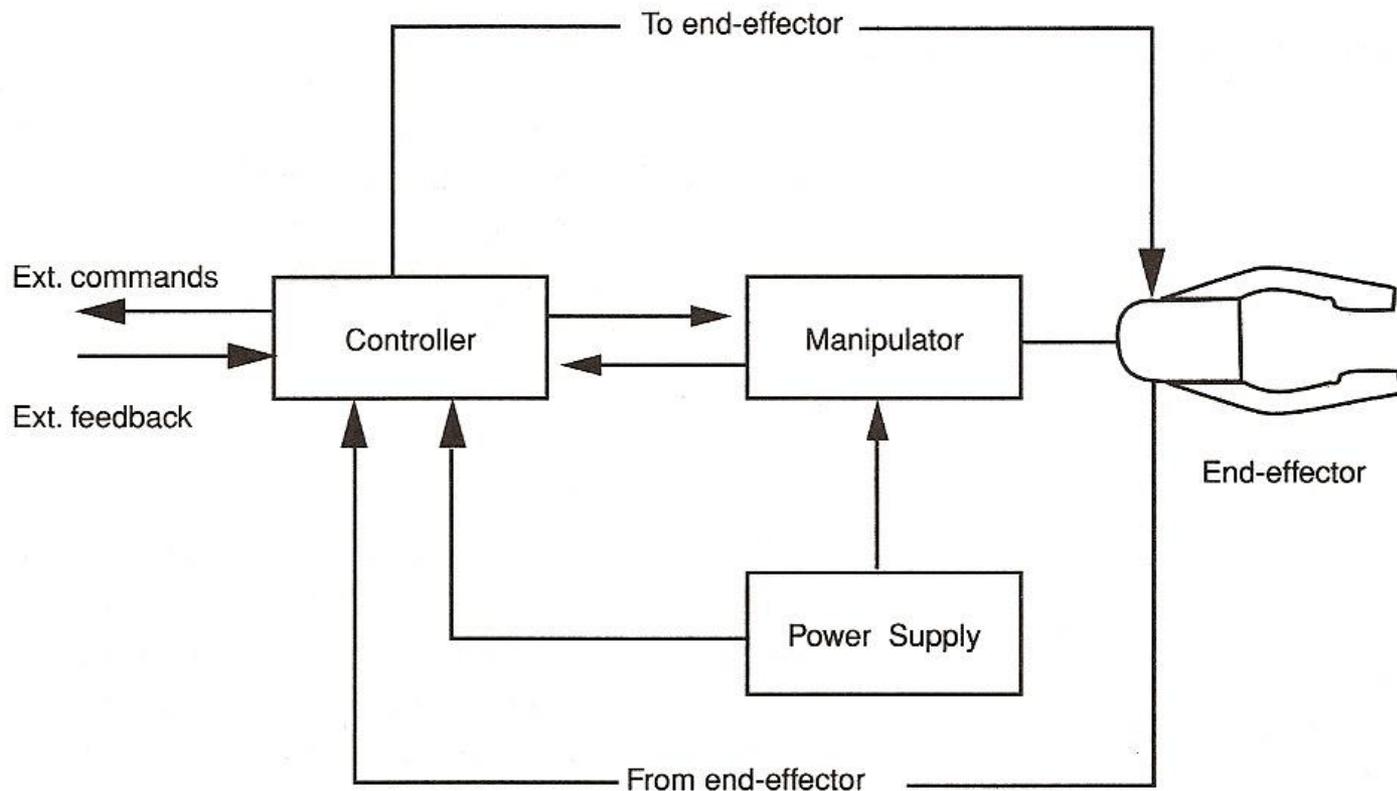


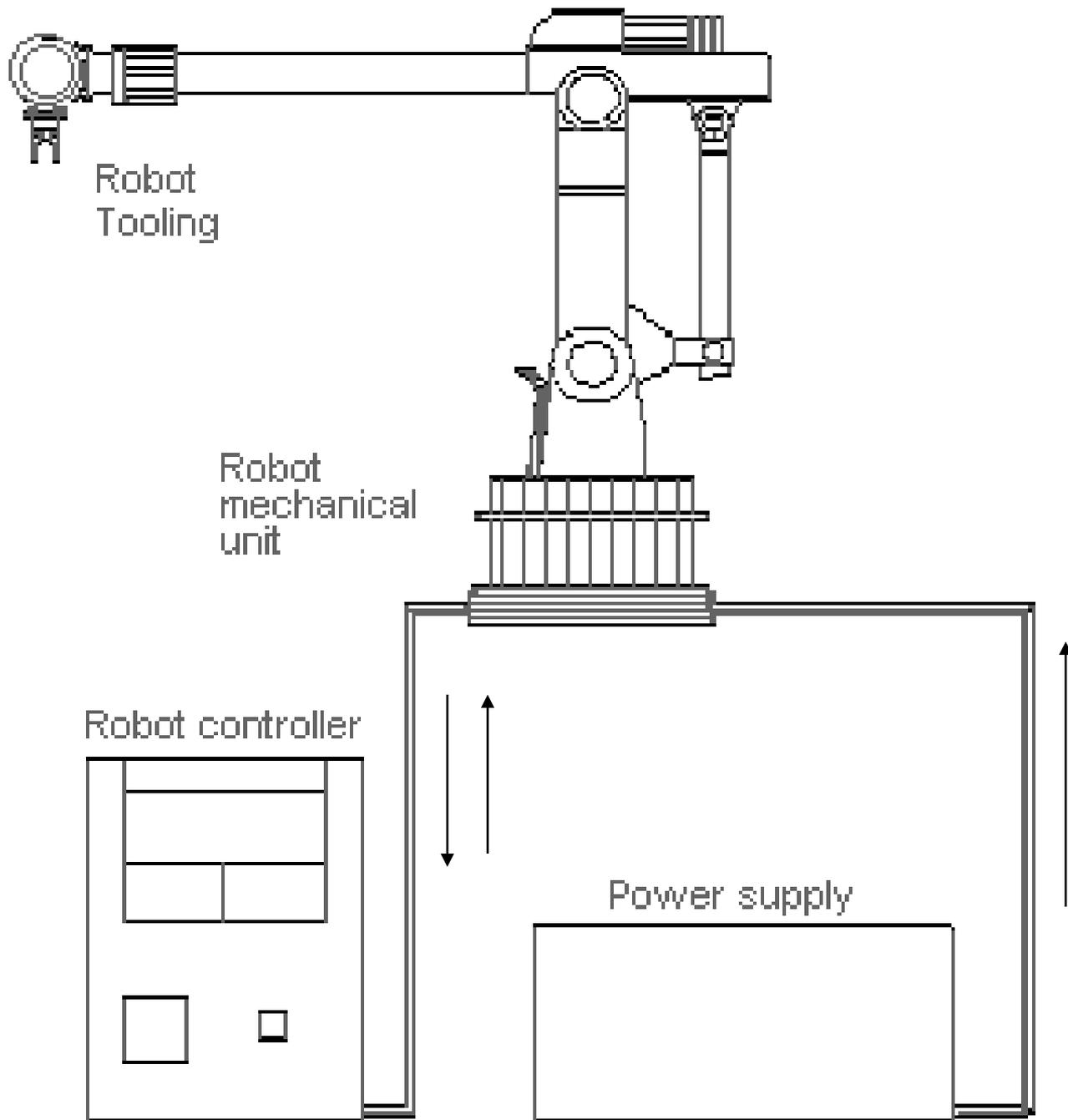


Componentes básicos de um manipulador

- 4 componentes básicos:
 - Manipulador
 - Efetuador
 - Controlador
 - Fonte de energia para movimentar o manipulador (Power Supply).

Componentes básicos de um manipulador



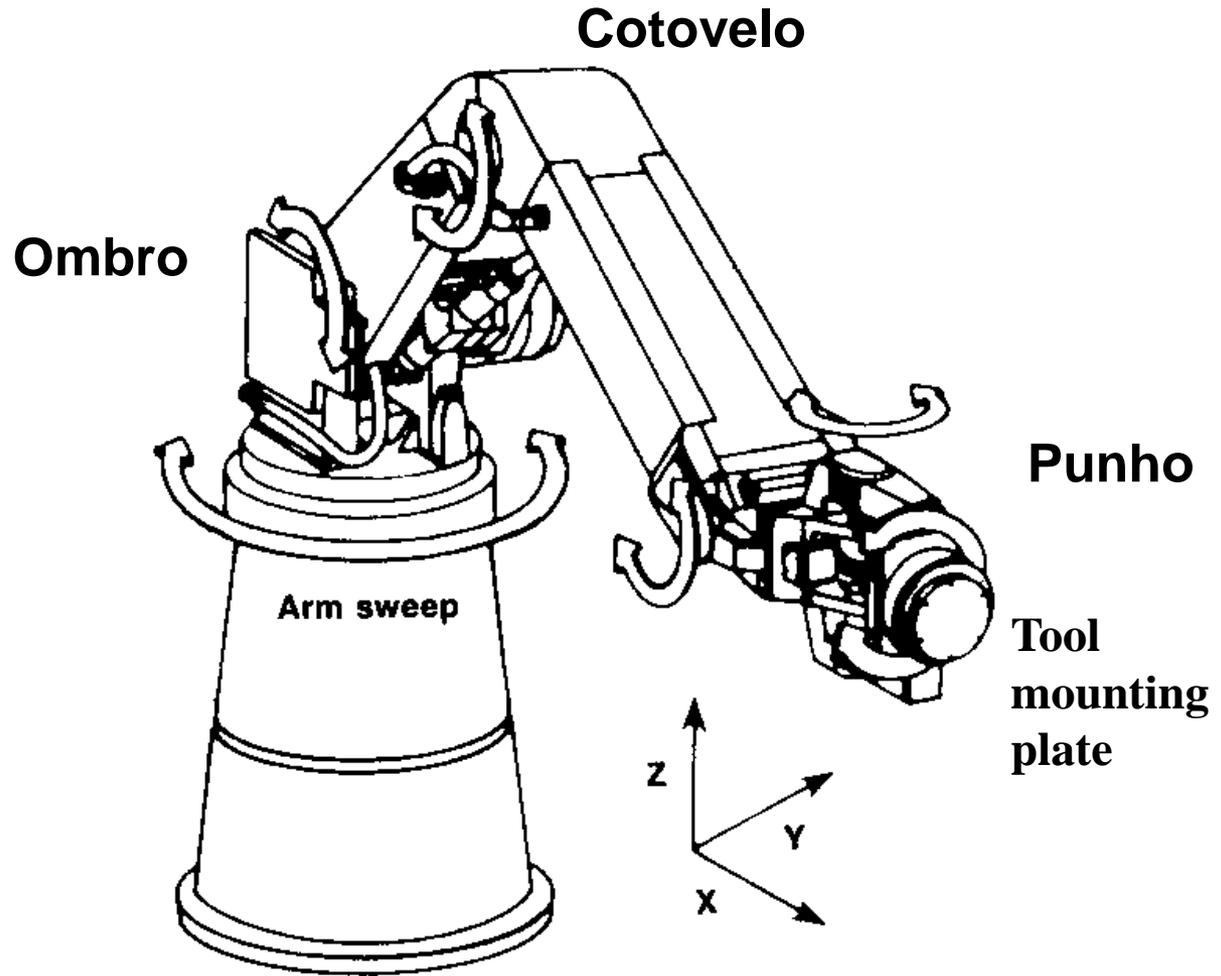




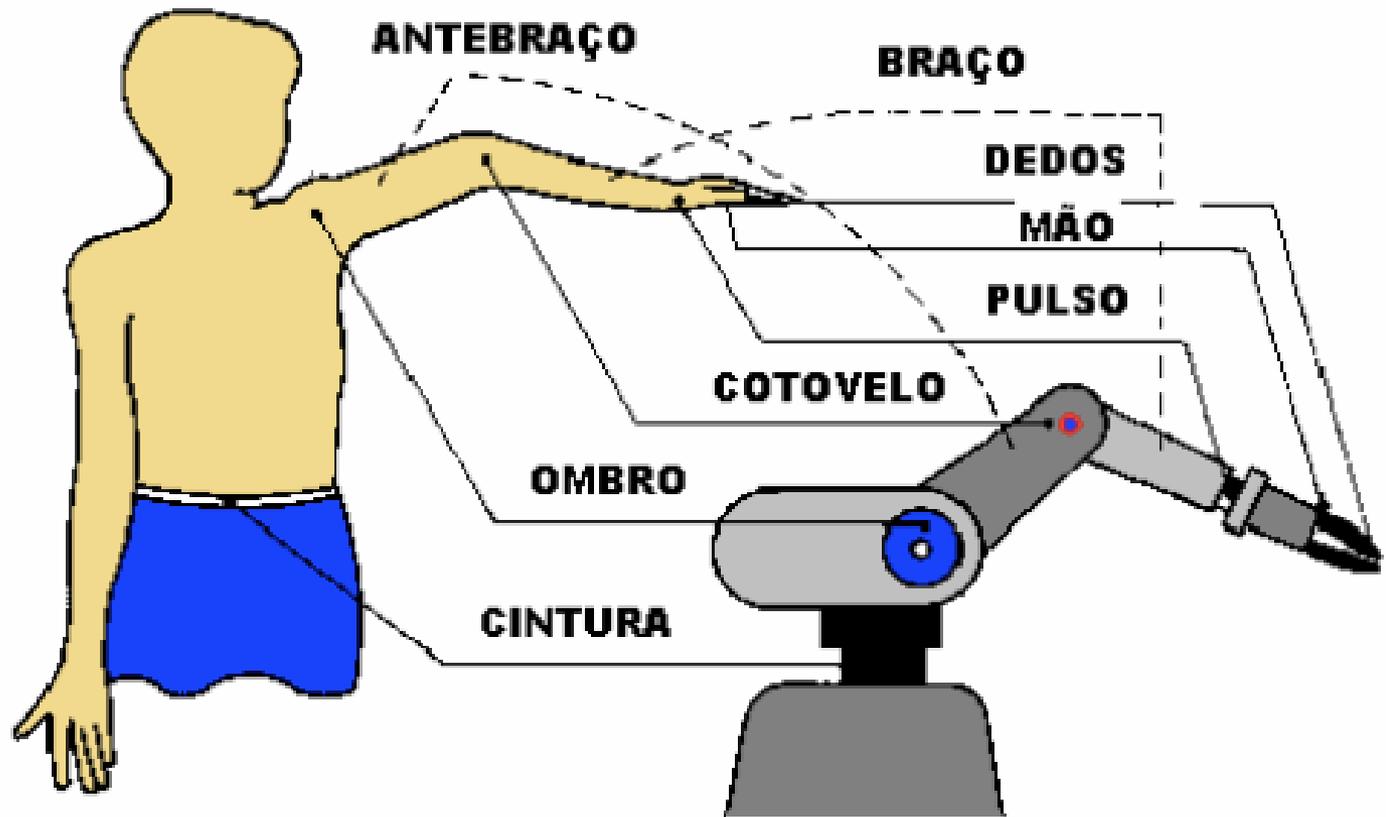
Manipulador

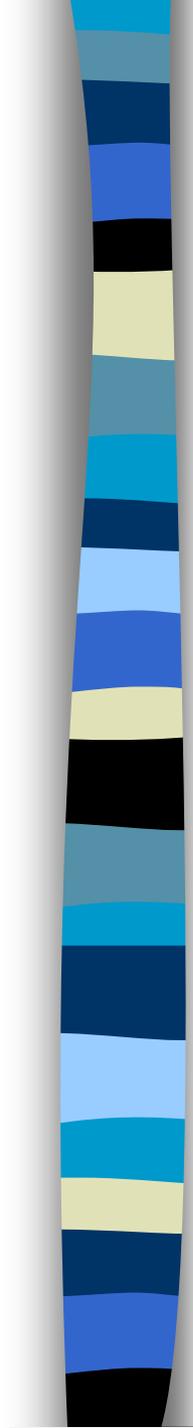
- É a unidade mecânica que tem movimentos similares a de um braço humano.
- Duas categorias de movimentos:
 - Do braço.
 - Do punho:
 - Pitch (pra cima e pra baixo)
 - Yaw (para os lados)
 - Roll (rotação)

Manipulador



Manipulador

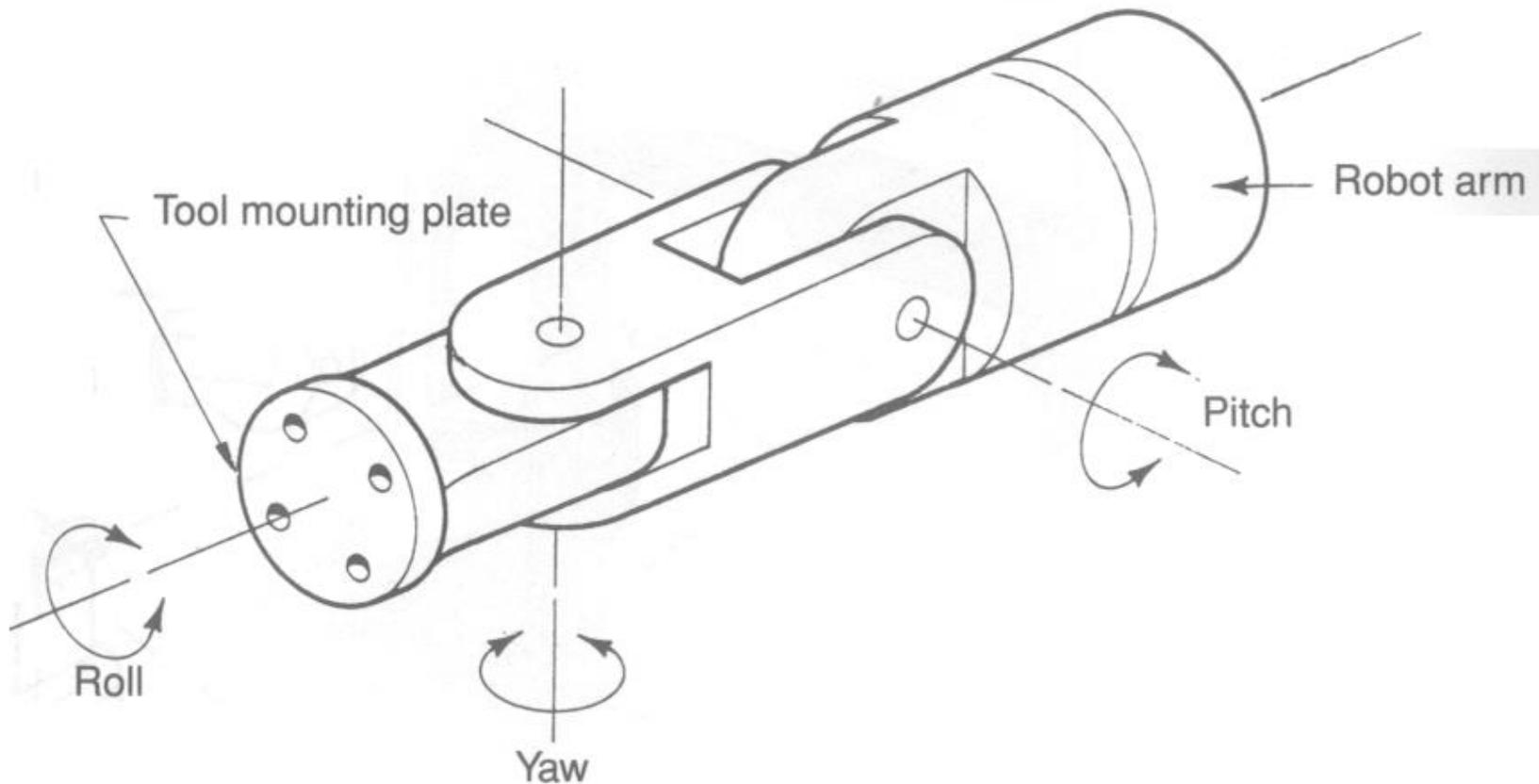




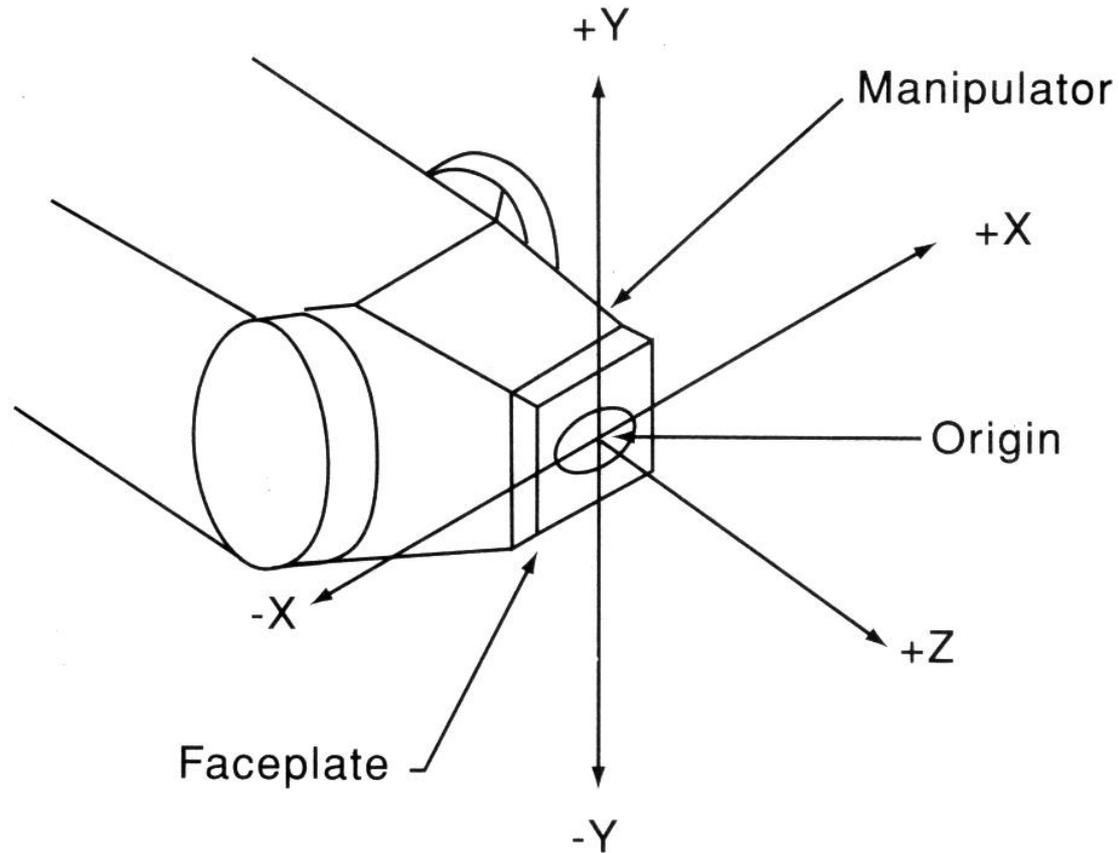
Efetuadores

- Também chamados de:
 - End Effector
 - End of Arm Tool (EOAT)
- Peça anexada no ponto de montagem:
 - Garras e Mãos
 - Ferramentas: Solda, pintura, ...
- Tool Center Point (TCP): o ponto de ação do atuador anexado ao robô, nas coordenadas do mundo.

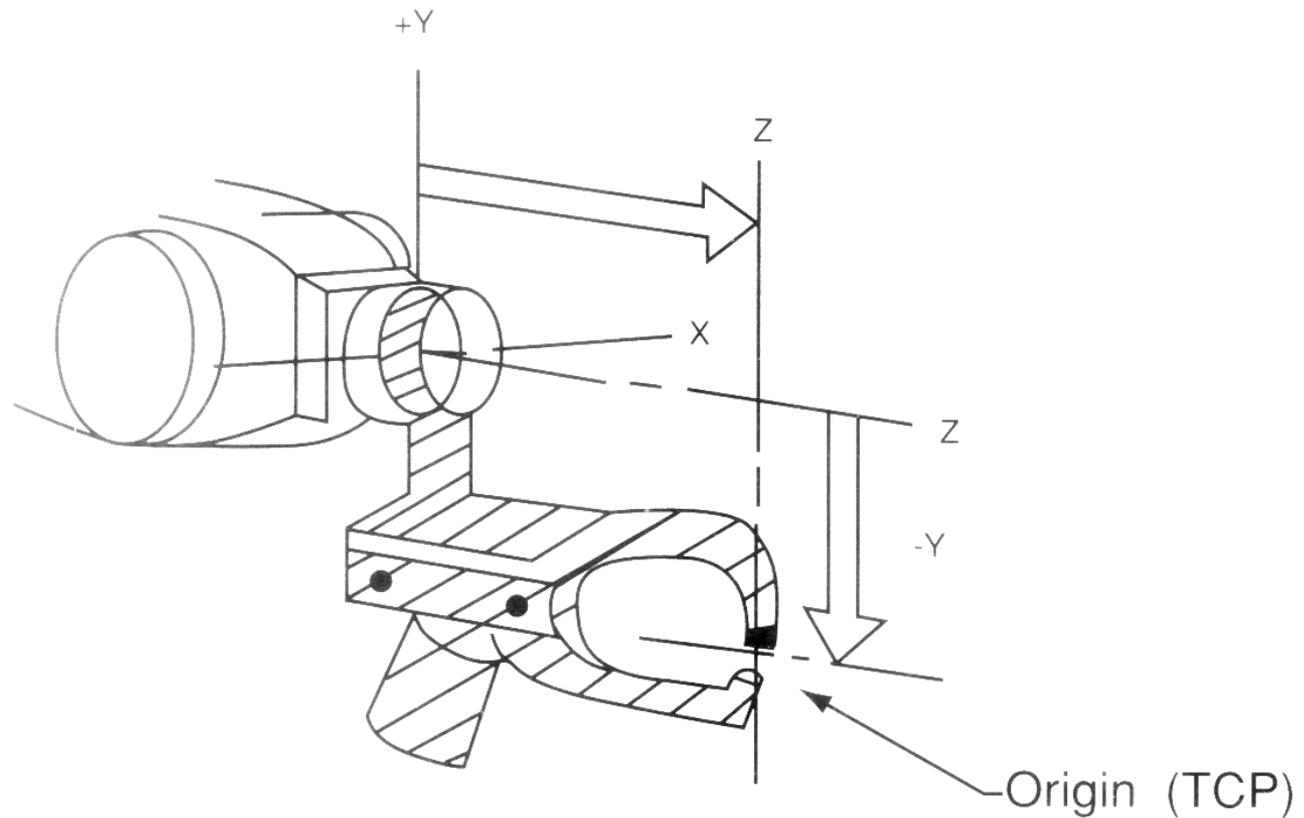
Efetuadores - DOF



Origem do sistema da garra



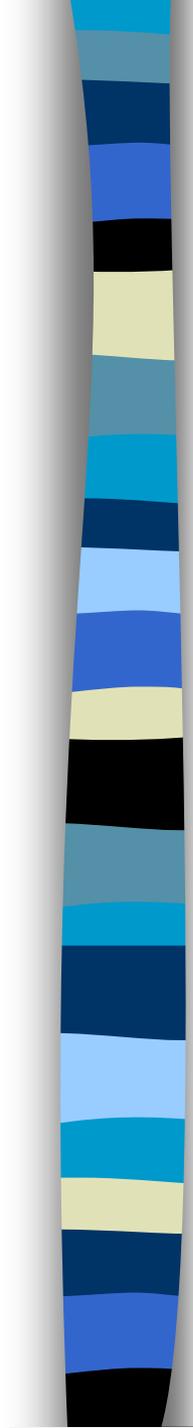
Efetadores - TCP





Controlador

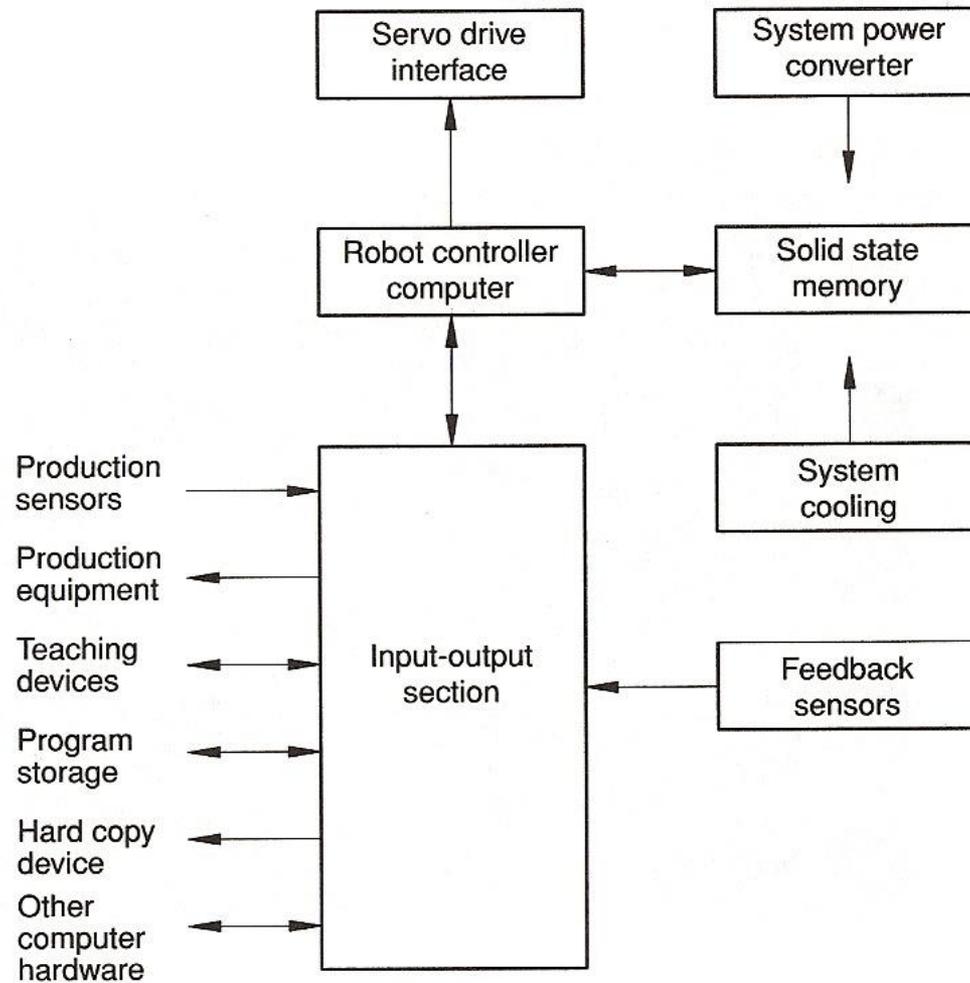
- Definição:
 - É um dispositivo de processamento de informações que inicializa, termina e coordena os movimentos e as seqüências de operações do manipulador.
- Implementado em computadores ou microprocessadores.



Controlador (II)

- O controlador também deve se comunicar com as seguintes elementos do robô:
 - Sensores
 - De posição
 - Torque/força
 - Produção
 - Maquinário
 - Teaching Boxes
 - Outros computadores

Diagrama do Controlador







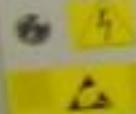
ABB

Control panel area containing a red emergency stop button, a green start button, a blue stop button, and a terminal block with multiple screw terminals.



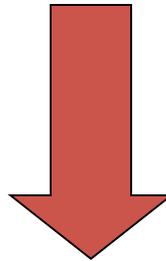


ABB



Power Supply

- Existem 3 tipos principais de fontes de energia para os robôs:
 - Elétrica
 - Pneumática
 - Hidráulica.
- Existem relações com:
 - Carga
 - Custo
 - Espaço necessário



Pneumático

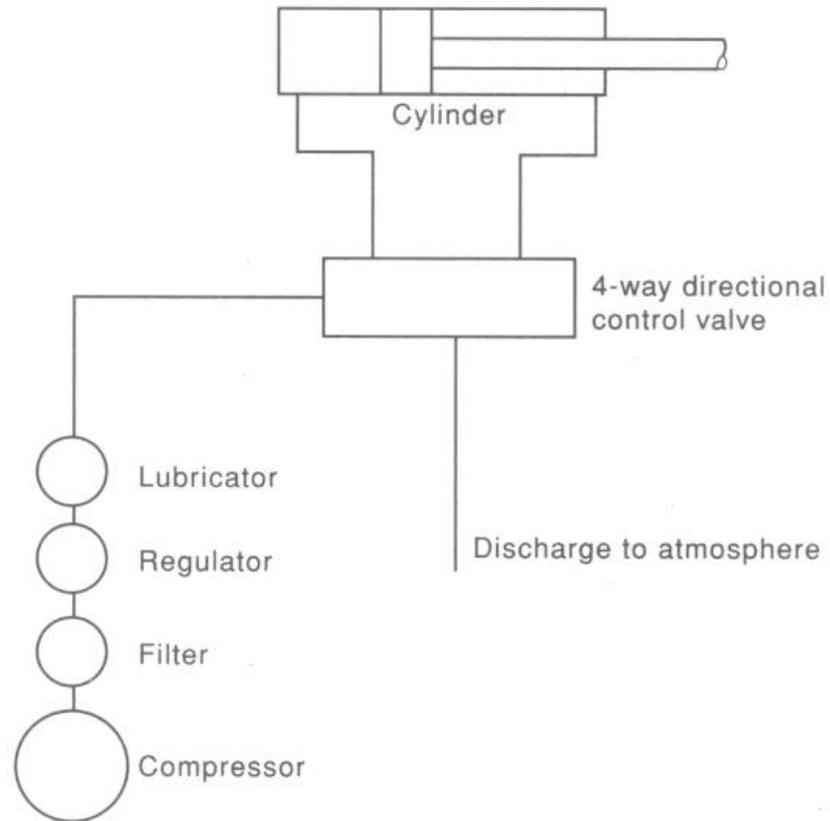
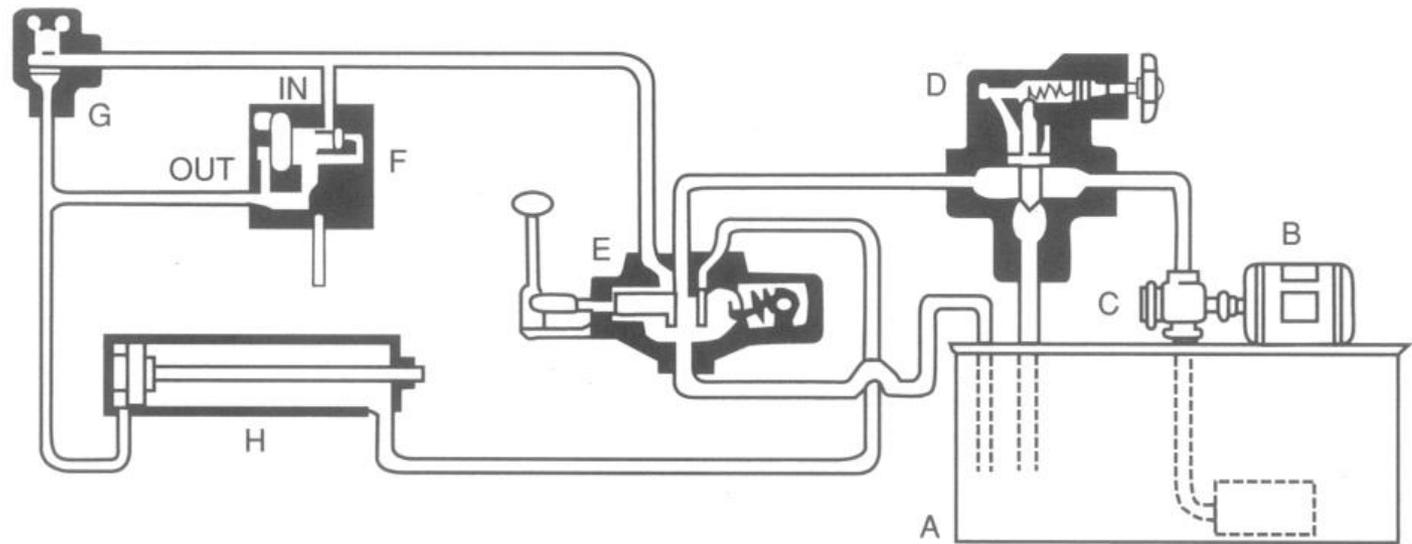


Figure 3.4.2 Simple pneumatic circuit

Hidráulico



List of Components

A — Reservoir

B — Electric Motor

C — Pump

D — Maximum Pressure
(Relief) Valve

E — Directional Valve

F — Flow Control Valve

G — Right-Angle
Check Valve

H — Cylinder

Figure 3.4.3 A hydraulic power supply system with linear actuator (cylinder). (Courtesy of Vickers, Inc.)

Músculo pneumático



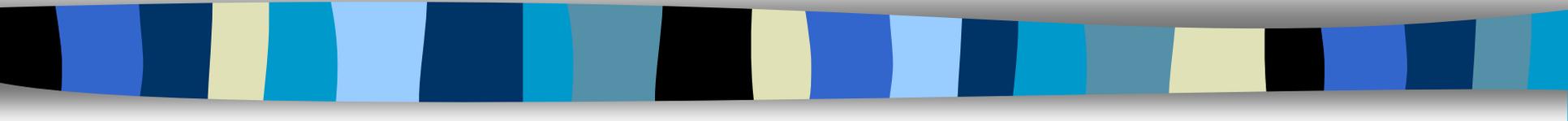
- Shadow Corporation / FESTO
- Ao encher de ar o músculo se contrai.



Músculos Pneumáticos – FESTO

Motores Lineares

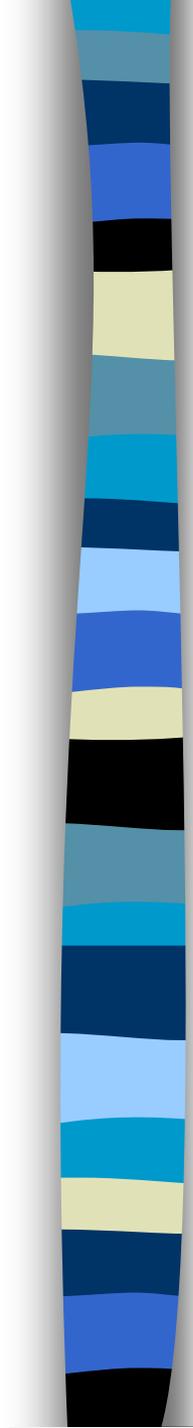
Tipos de Efetivadores





Efetadores

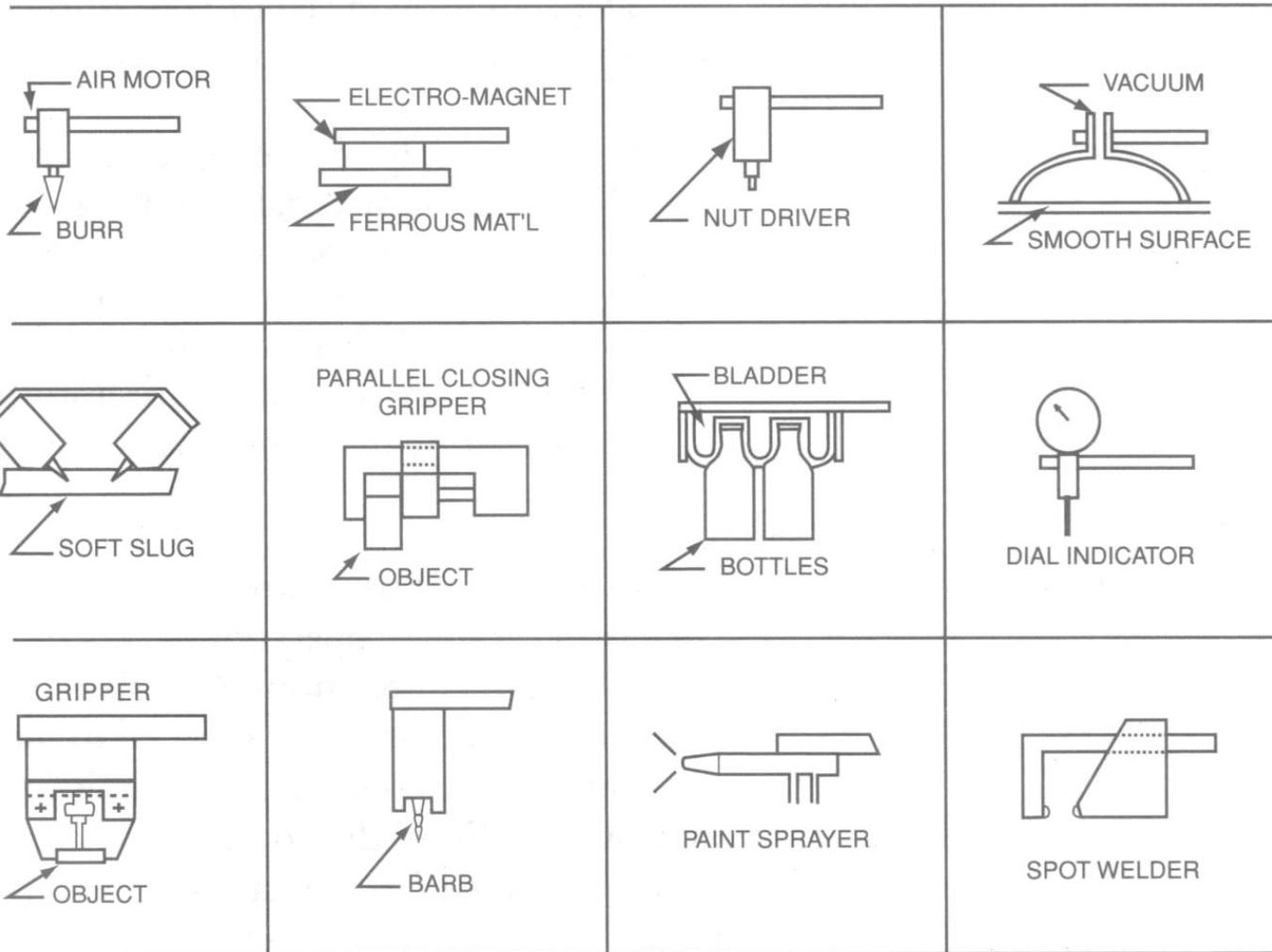
- Efetadores são dispositivos montados na ponta do manipulador.
- Usados para realizar uma tarefa particular, o efeito final do robô.



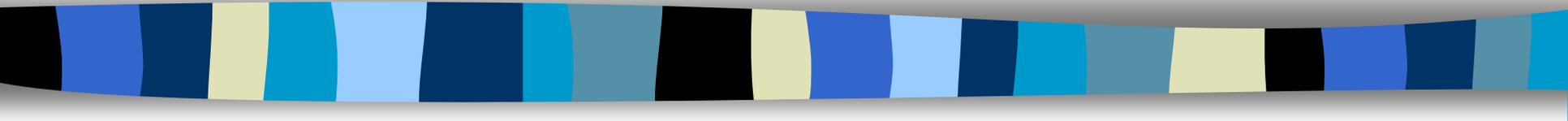
Tipos de efetadores

- Existe uma grande variedade de efetadores, que realizam diferentes tarefas.
- Podem ser divididos em 3 categorias:
 - Garras (Grippers): projetados para “agarrar”, segurar objetos.
 - “Mãos” Robóticas.
 - Ferramentas (Processing Tools): projetados para trabalhar, processar objetos.

Tipos de ferramentas



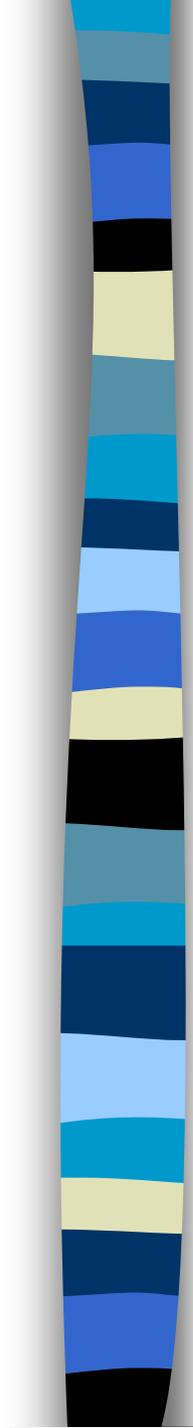
Garras





Tipos de garras

- Existem várias classificações.
- Quanto a maneira de segurar o objeto:
 - Mecânicos.
 - A vácuo.
 - Magnéticos
 - Pneumáticas.
- Externos ou internos.



Características de projeto

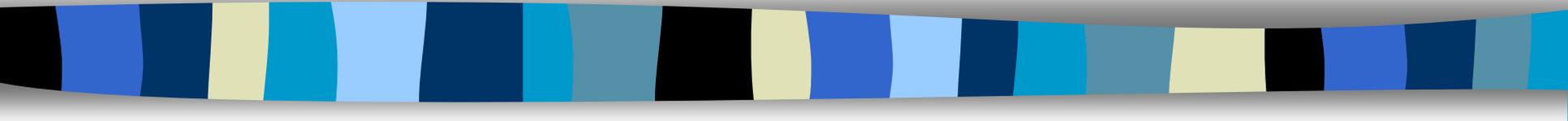
- As garras devem ser capazes de:
 - Agarrar, levantar e soltar um objeto.
 - Perceber a presença de um objeto em sua garra.
 - Segurar o objeto em condições de aceleração máxima.
- Deve ter o desenho simples.
- Deve ser o mais leve possível.

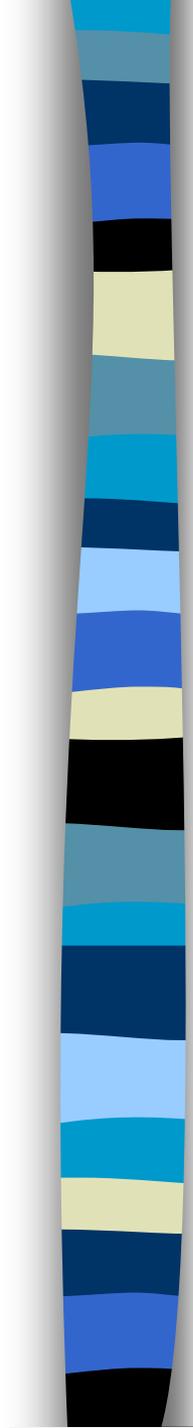


Características de projeto

- Garras podem estar sujeitas a condições extremas de temperatura, corrosão ou abrasão.
- Objetos a serem manipulados podem variar em tamanho, forma e peso durante o processo.
- Deve ser equipado com sensores de colisão ou mecanismos para acomodar sobrecargas.

Garras mecânicas





Garras mecânicas

- Traduz alguma forma de força em uma ação que prende o objeto:
 - Elétrica, pneumática, hidráulica...
- São aquelas que utilizam um mecanismo para segurar um objeto.
- Possui “dedos”, “mandíbulas” ou alguma maneira de pressionar o objeto.
 - Dedos: geralmente podem ser trocados.
 - Mandíbulas: fixas e maiores.



HANDLING

Machine Tending



Garras Mecânicas

- A força aplicada deve ser maior que o peso do objeto, inclusive quando este estiver sob forças de aceleração.
- Geralmente as garras possuem superfícies feitas para aumentar o atrito com o objeto (prevenindo que ele escorregue).

$$F > W$$

Gripper

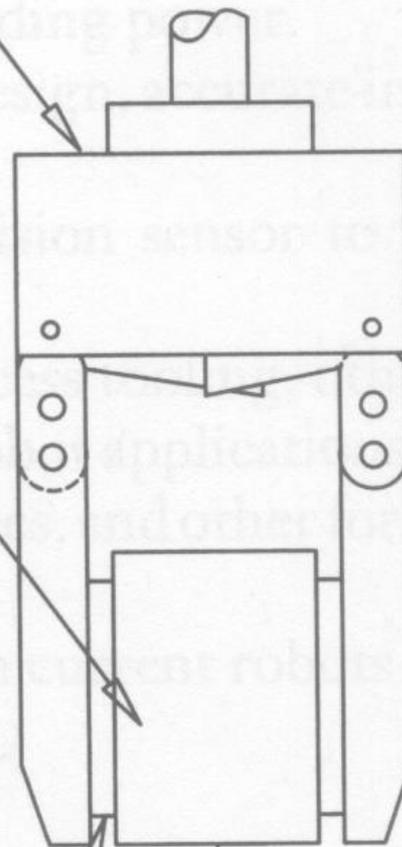
Part

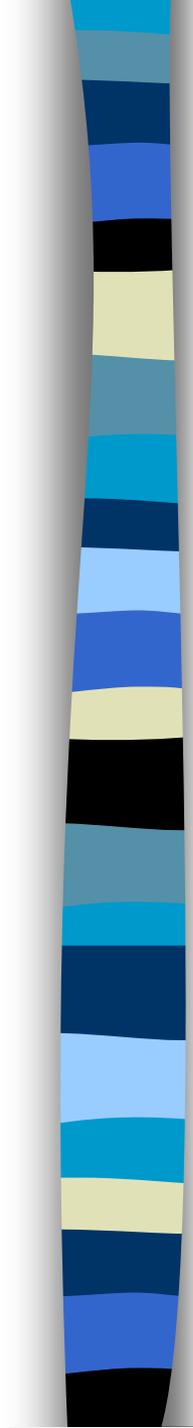
F

F

W

Pressure pad

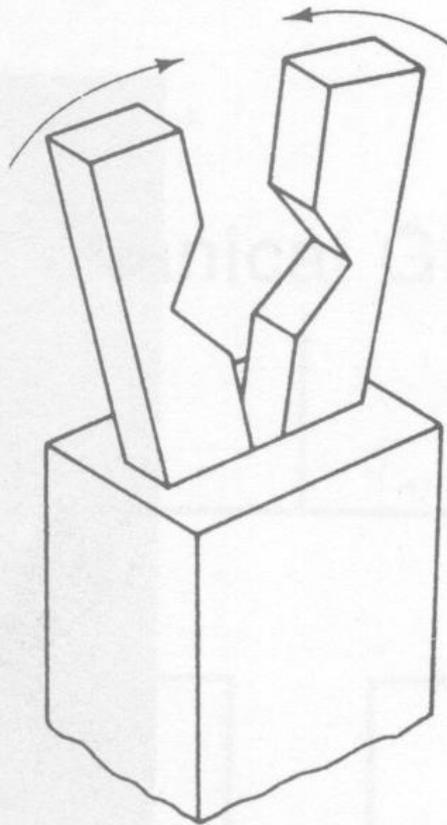




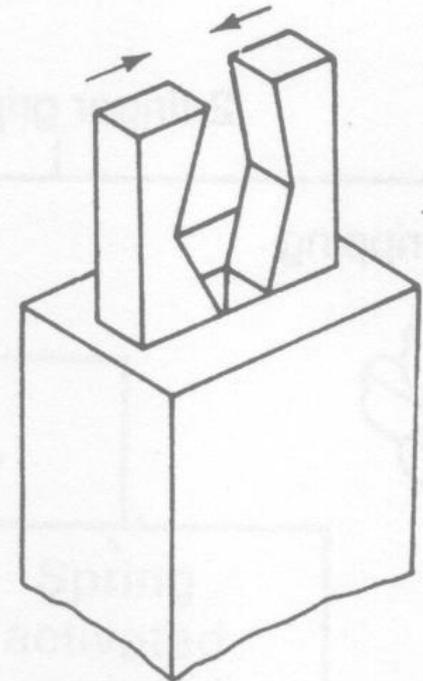
Garras mecânicas.

- As garras mecânicas utilizam propriedades geométricas em sua construção.
- 2 tipos, baseado na geometria:
 - Angular (tesoura).
 - Paralelo (ou linear).
- 2 tipos, baseado na maneira de segurar:
 - Internas.
 - Externas.

Paralelo x Angular



(a) Angular

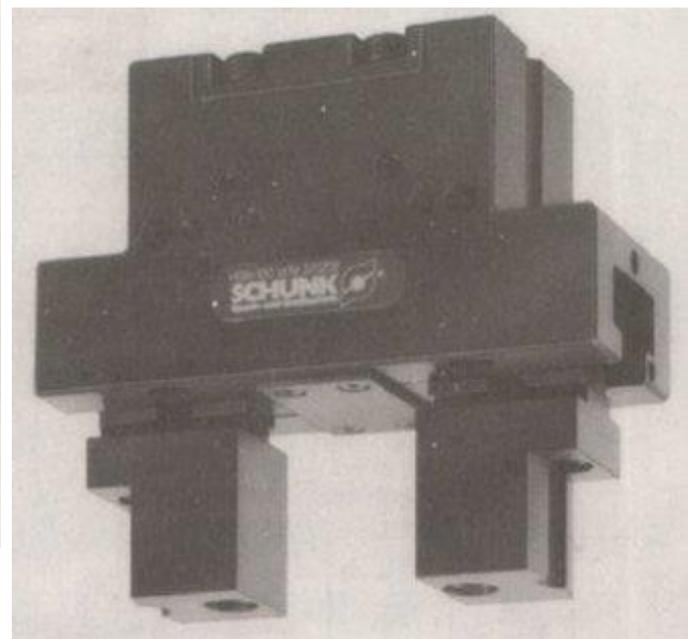
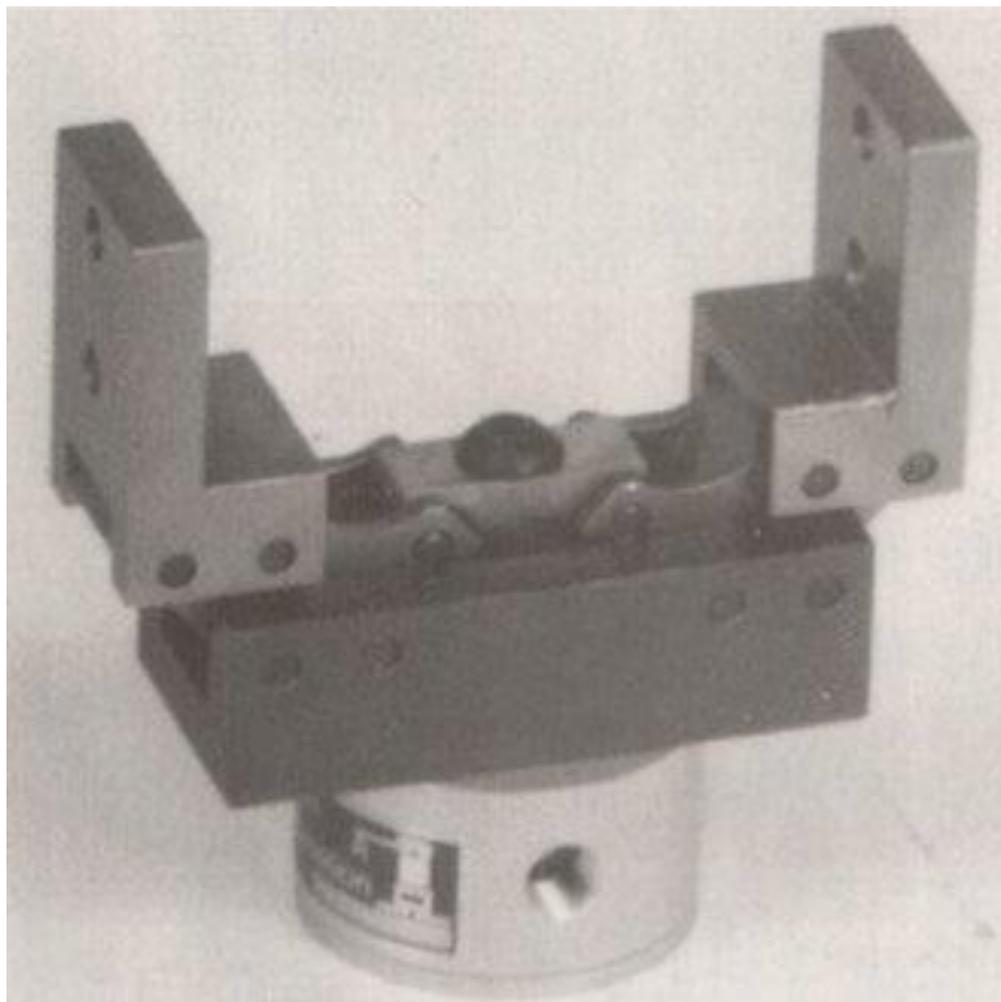


(b) Parallel

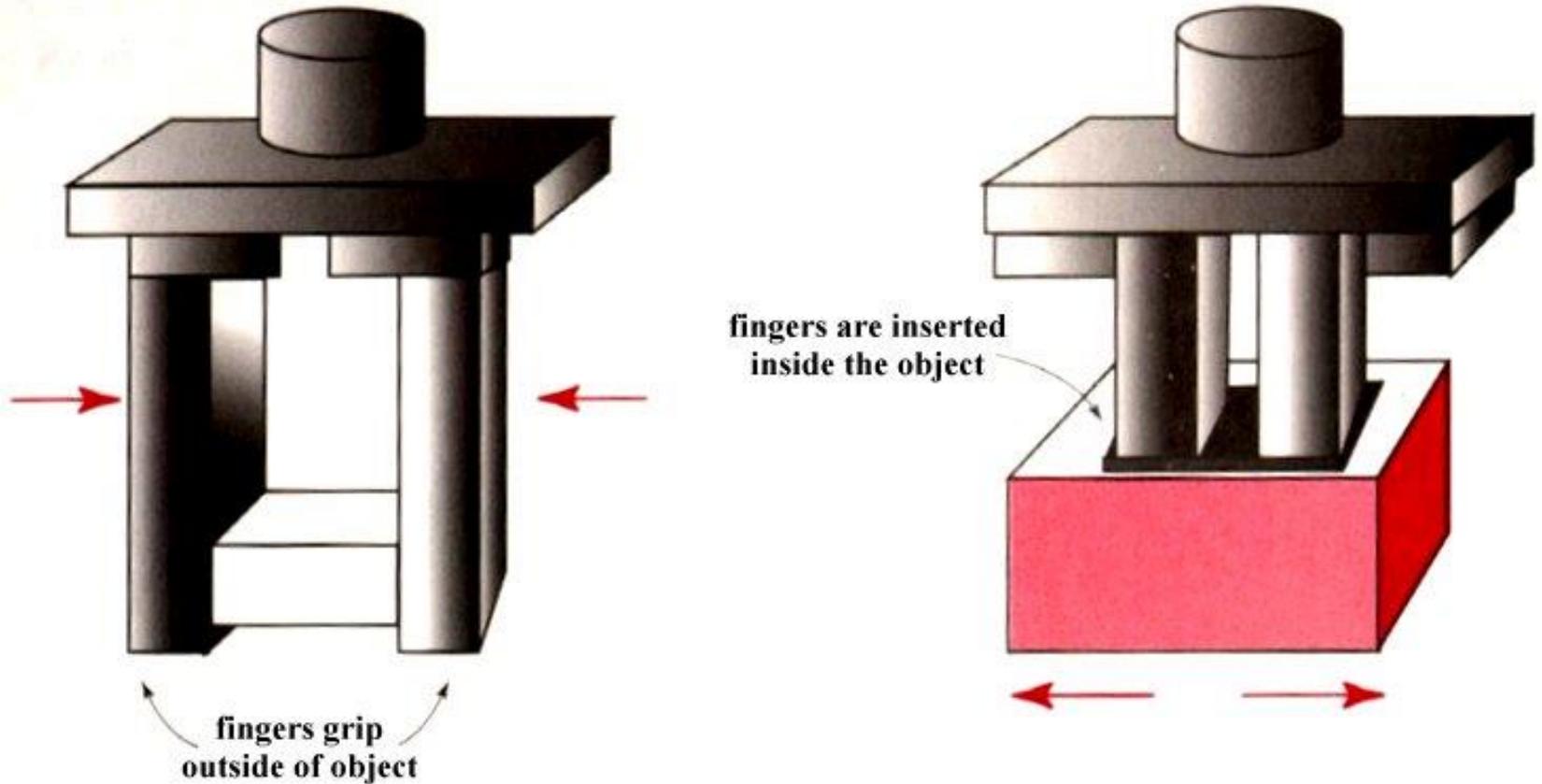
Garra Angular



Garra paralela

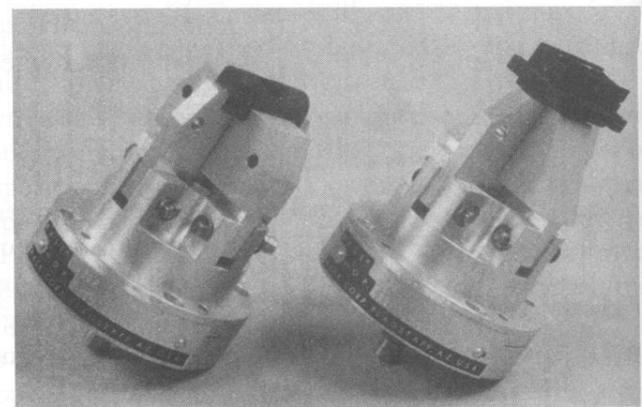
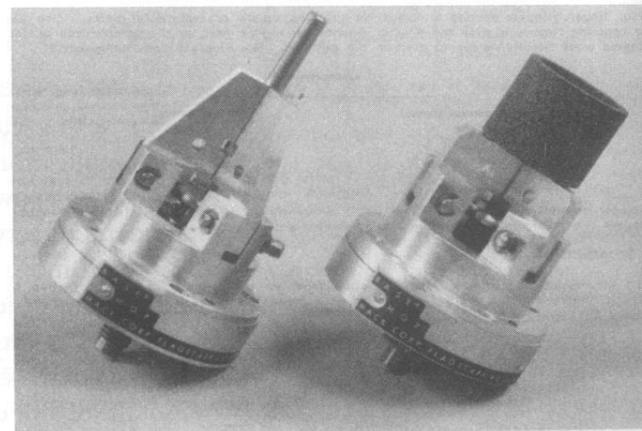
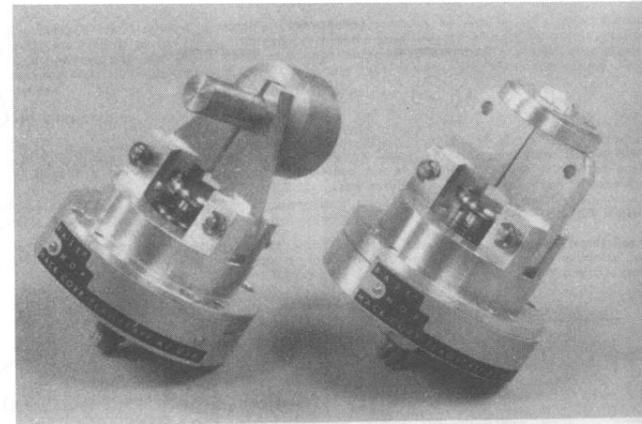
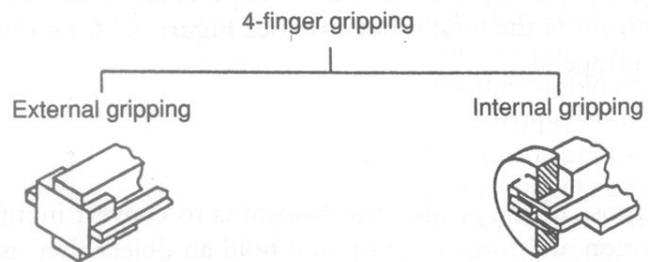
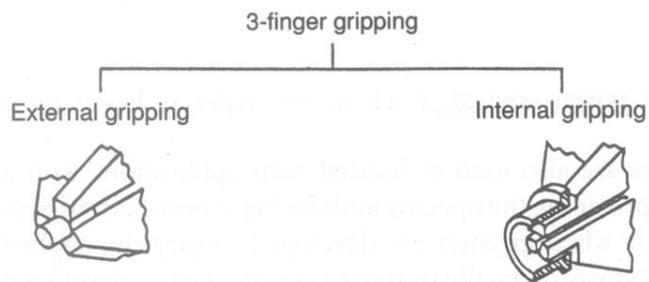
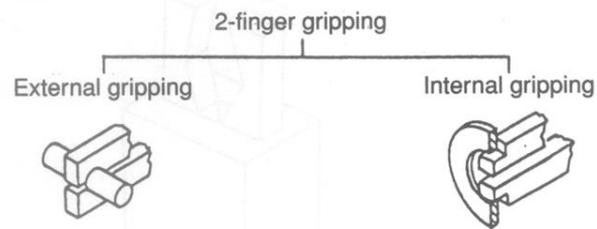


Externo x Interno

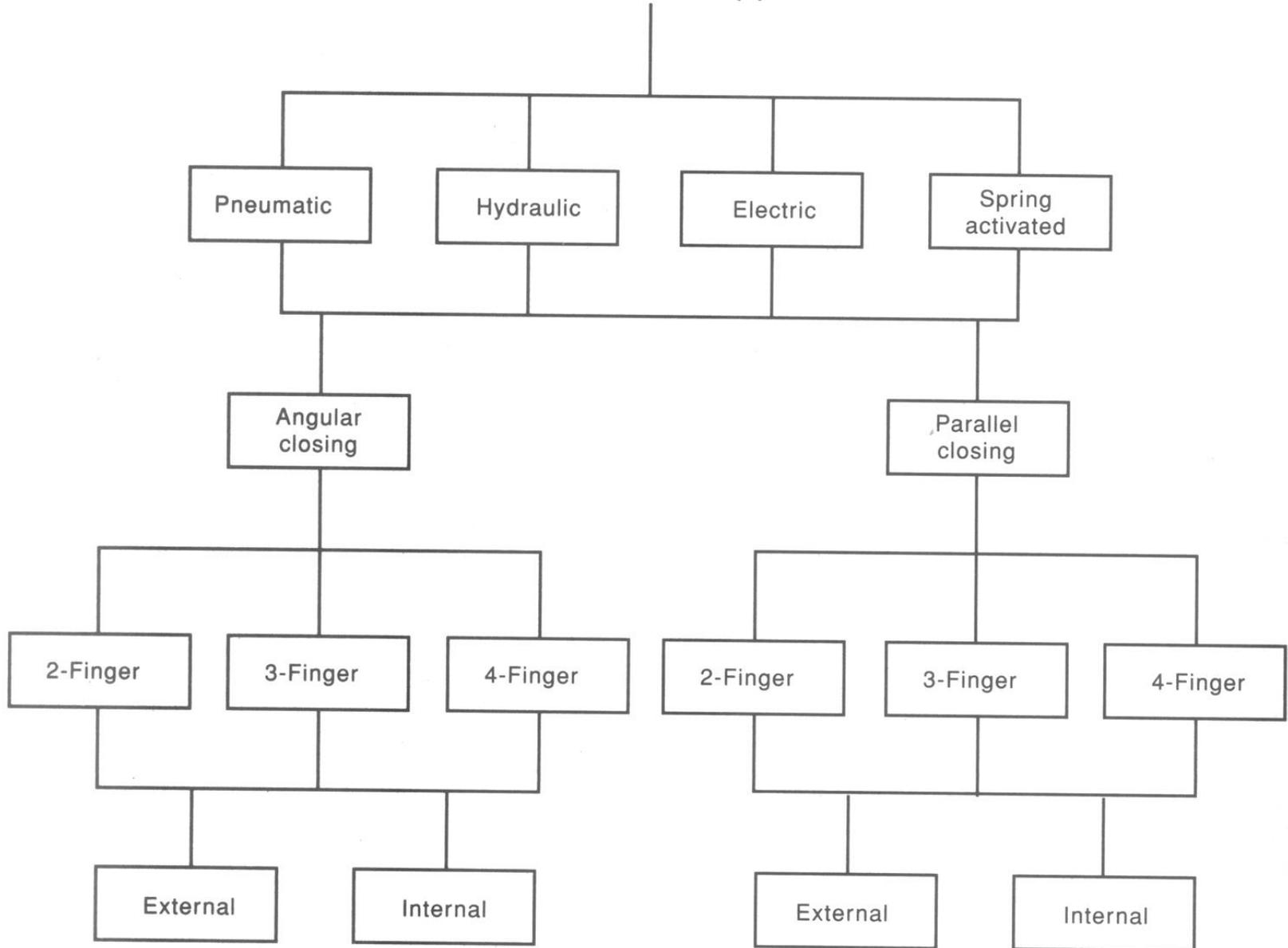


Internas x
Externas

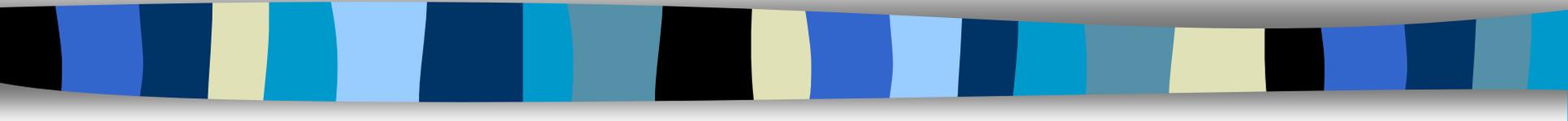
Qtd. De
dedos



Mechanical Grippers



Análise de Forças em garras mecânicas.





Análise de força nas garras

- O objetivo da garra é converter algum tipo de força para uma força para agarrar o objeto.
- As seguintes equações podem ser usadas para determinar a magnitude da força necessária para segurar um objeto.



Equação de força (somente peso)

- A força necessária na garra para segurar um objeto, quando o manipulador estiver parado e a garra na vertical.

- Depende só do peso, e é dada por:

$$\mu\eta F_g = w$$

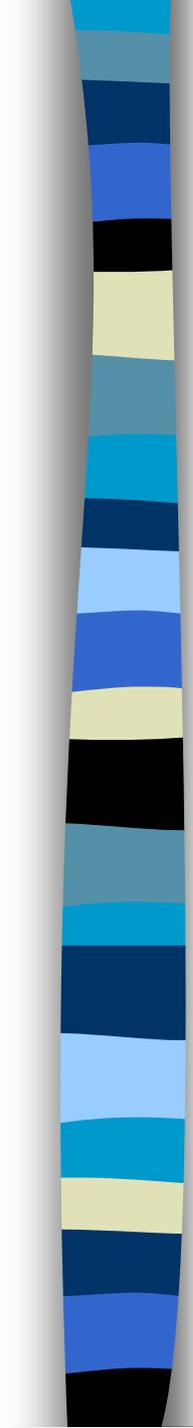
- Onde:

η = número de dedos.

μ = coeficiente de atrito da garra com o objeto.

F_g = força.

$w = mg$ = peso do objeto, em Newtons.



Equação de força (mais geral)

- A força necessária na garra quando o manipulador estiver se movendo.
- Depende do peso e da aceleração máxima, e é dada por:

$$\mu\eta F_p = ma$$

- Onde:

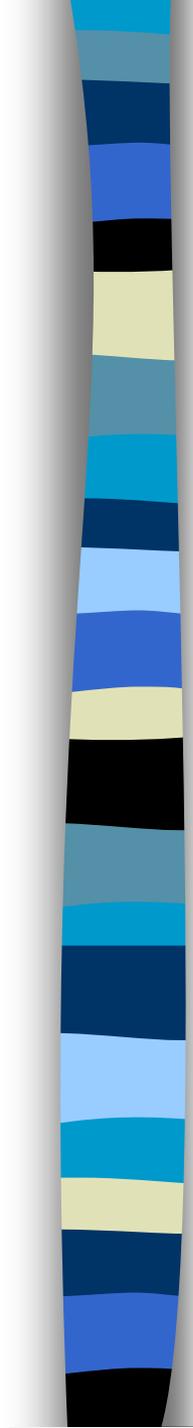
η = número de dedos.

μ = coeficiente de atrito da garra com o objeto.

F_p = força.

m = massa do objeto.

a = aceleração da gravidade + aceleração cinética.



Fator a

- O valor do fator a é dado por:

- $a = g + a_c$, onde:

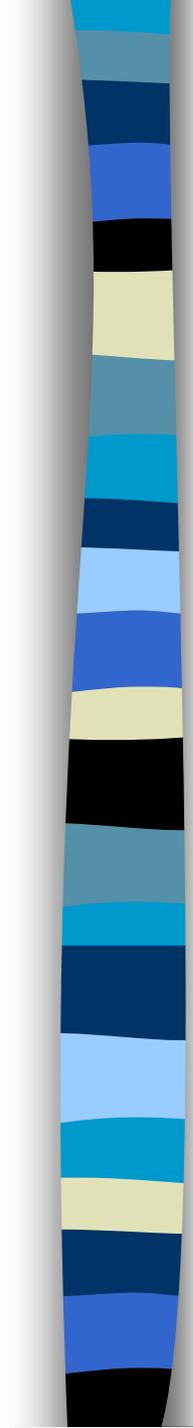
g = aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

a_c , = aceleração cinética (centrípeta ou centrífuga) máxima que o objeto sofrerá.



Fator de Segurança (SF)

- Além disso, usa-se um Fator de Segurança (SF), que multiplica o valor da força calculada.
- $F = F_g * SF$.
- Geralmente SF entre 1,5 e 3.



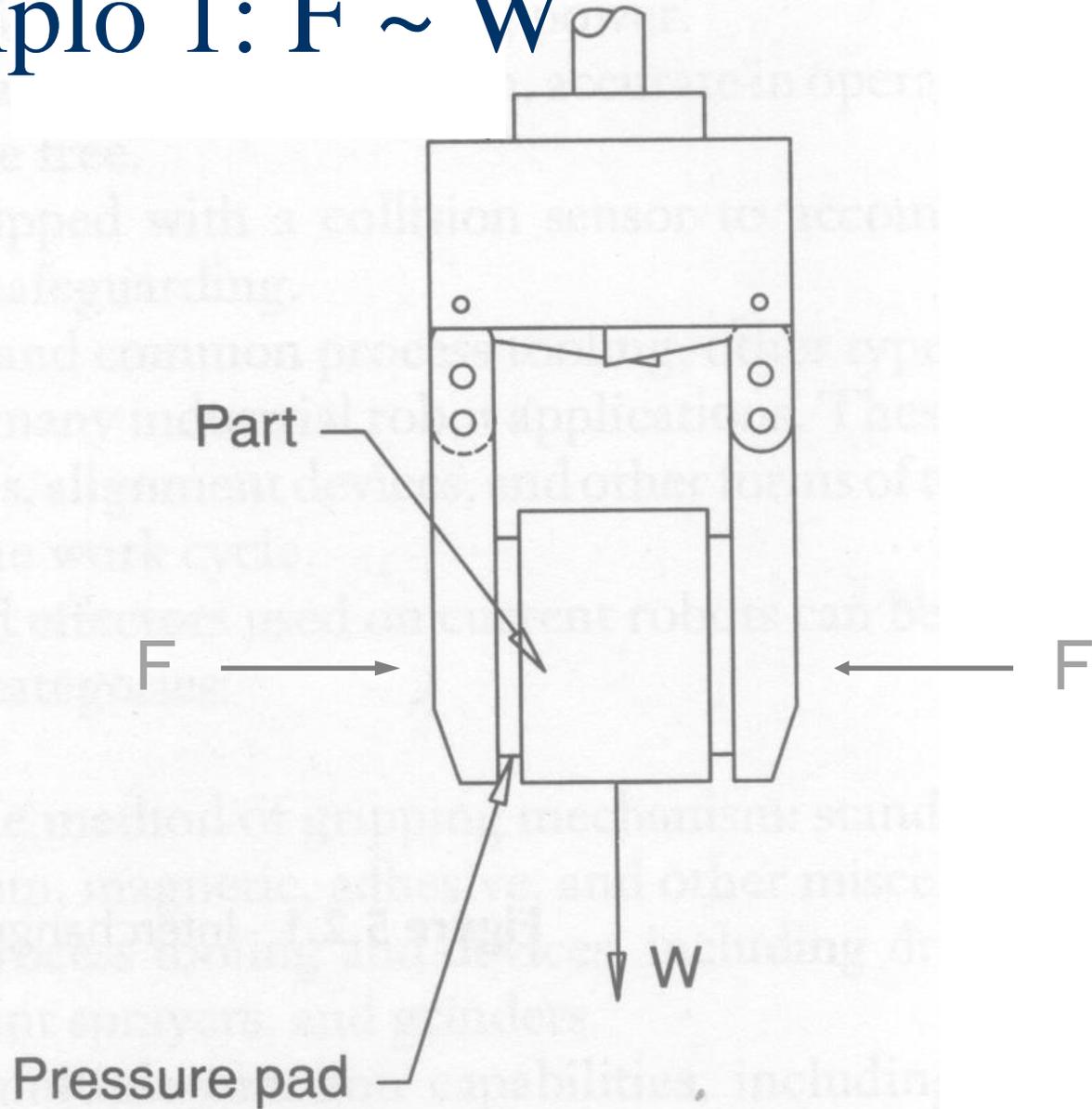
Exemplo 1:

- Calcule a força necessária para uma garra com 2 dedos segurar uma caixa de 10 quilogramas.
- O coeficiente de atrito do conjunto é 0,25 e a garra está na vertical.
- Resultado:

$$F_g = w/\mu\eta \rightarrow F_g = 10*10/(2*0,25)$$

$$F_g = 200 \text{ Newtons.}$$

Exemplo 1: $F \sim W$

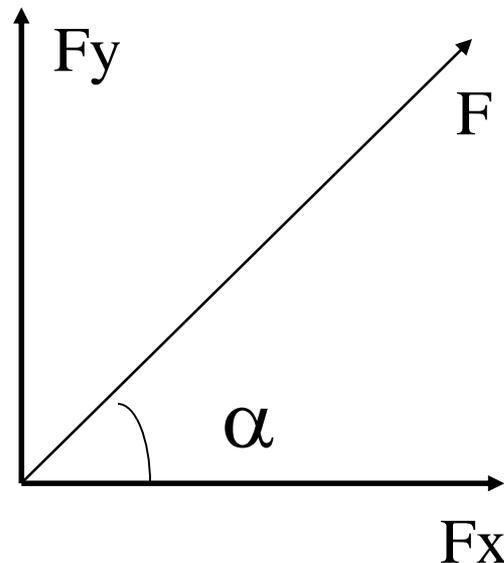


Forças não verticais

- Caso a garra pegue o objeto não na horizontal, as forças devem ser analisadas nas suas componentes.

$$F_x = F * \cos (\alpha)$$

$$F_y = F * \sin (\alpha)$$





Objetos maiores que a garra

- Caso o objeto seja maior que a garra, deve-se analisar:
 - As componentes da força geradas por alavanca.
 - Momentos de força.
 - O torque que o objeto pode causar na garra, em um determinado momento.



Torque e Momento

- Torque:
 - Torque = Força x Distância
 - Multiplicação vetorial.
- Momento:
 - Momento = Força • Distância
 - Multiplicação escalar.
- Unidade = Newtons * metros

Momento

$$M = F \cdot d \cdot \text{sen } \alpha$$

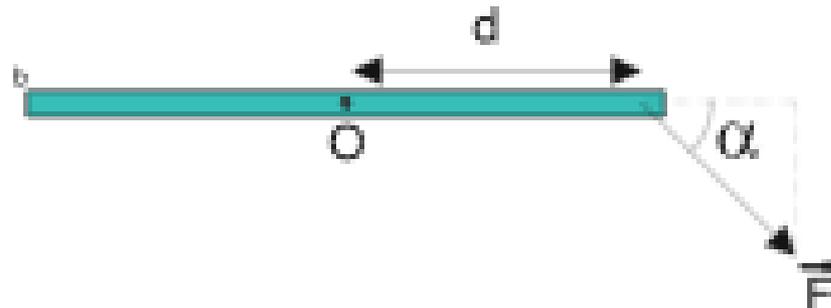
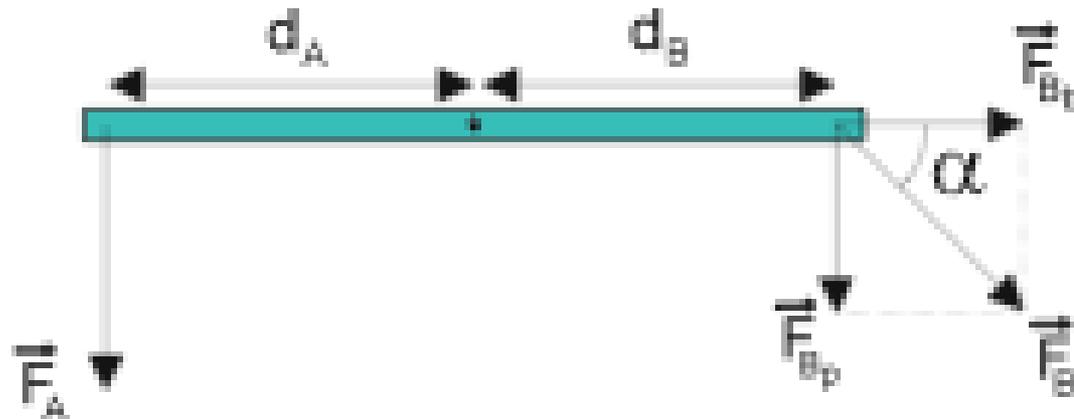


Figura 8



Momento

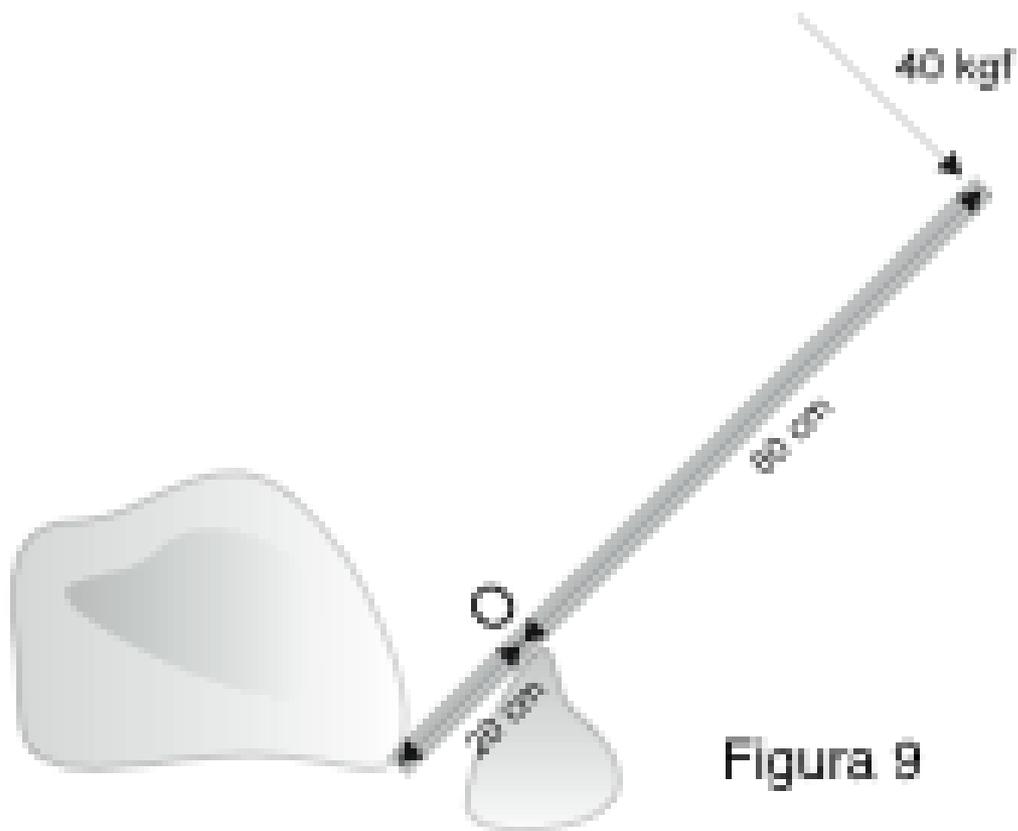
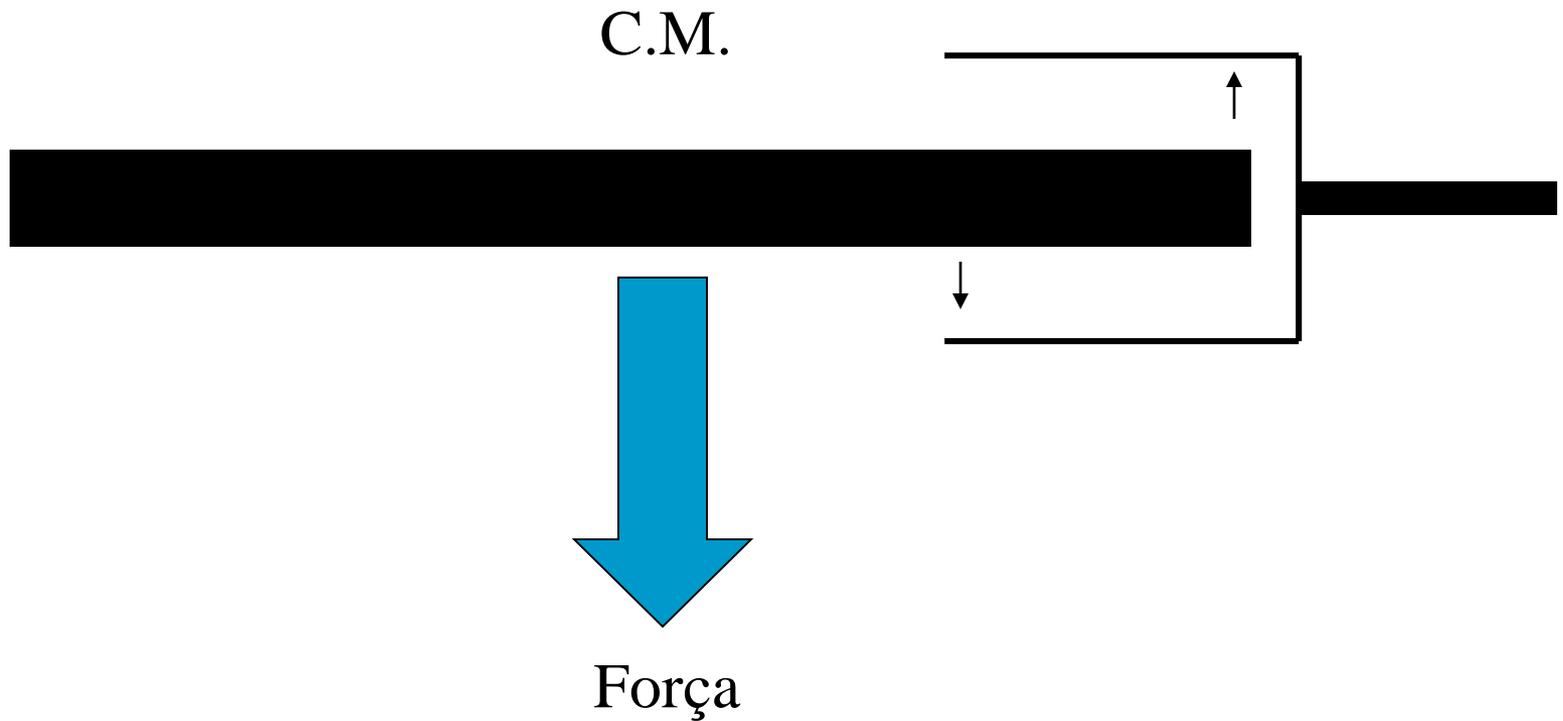


Figura 9

Forças e momento de forças de uma barra na garra





Condição de Equilíbrio

- Para que um corpo sujeito a forças permaneça em equilíbrio, é necessário que:
 - A somatória das forças seja nula:
$$\Sigma F_i = 0$$
 - A somatória dos momentos dessas forças em relação a um ponto seja nula:
$$\Sigma M_i = 0$$

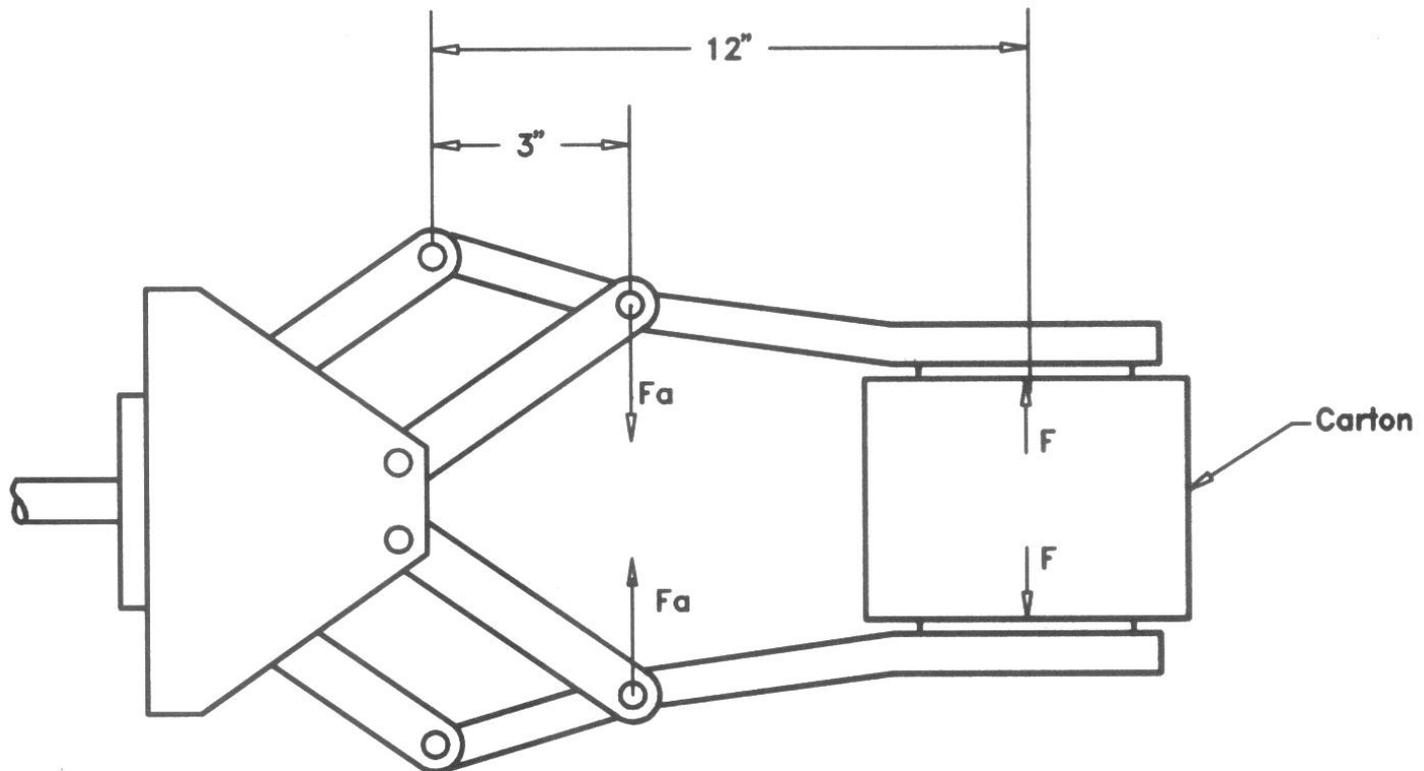


Compondo forças através de elos

- As garras geralmente compõem forças através de elos (links).
- Isto permite:
 - mudar a direção das forças aplicadas,
 - aumentar ou diminuir a força aplicada.
- Neste caso, temos que calcular a relação entre a força necessária e a força aplicada.

Exemplo 2: Elos

- Para a figura a seguir, calcule a força aplicada em F_a necessária para segurar um objeto com 60 Newtons.





Exemplo 2

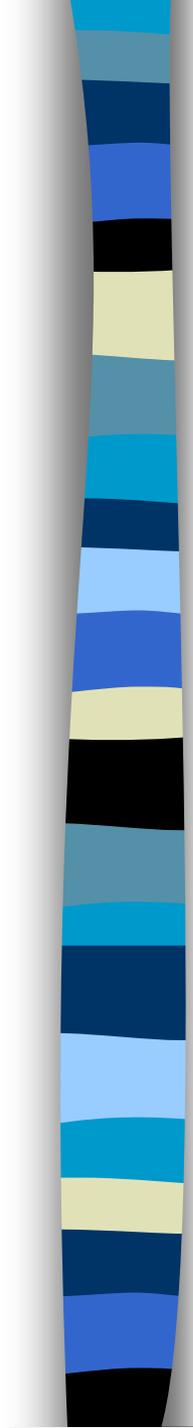
- A somatória do momento deve ser nula.

$$\Sigma M_i = 0.$$

$$FL - F_a L_a = 0$$

$$60 * 12 - F_a * 3 = 0$$

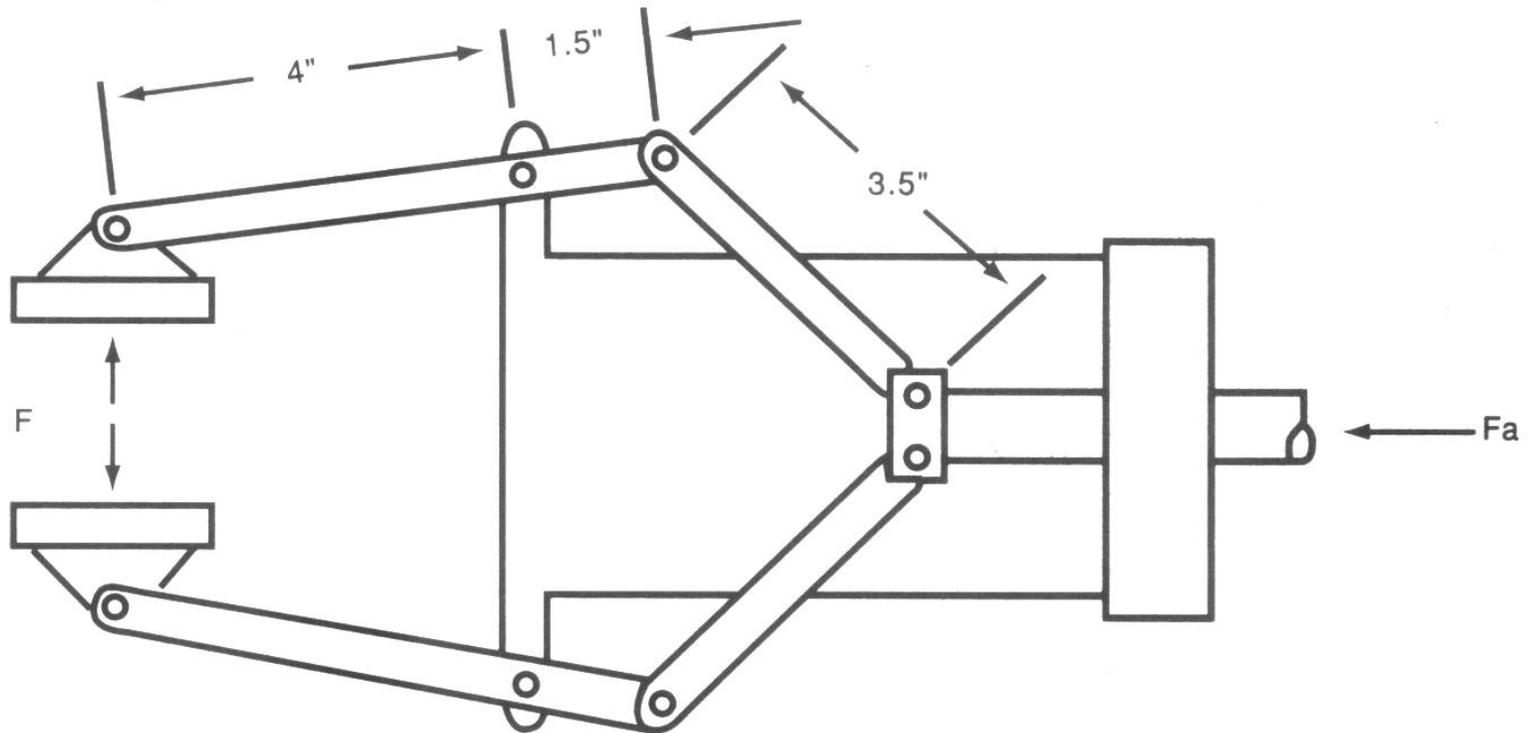
$$F_a = 240 \text{ Newtons.}$$



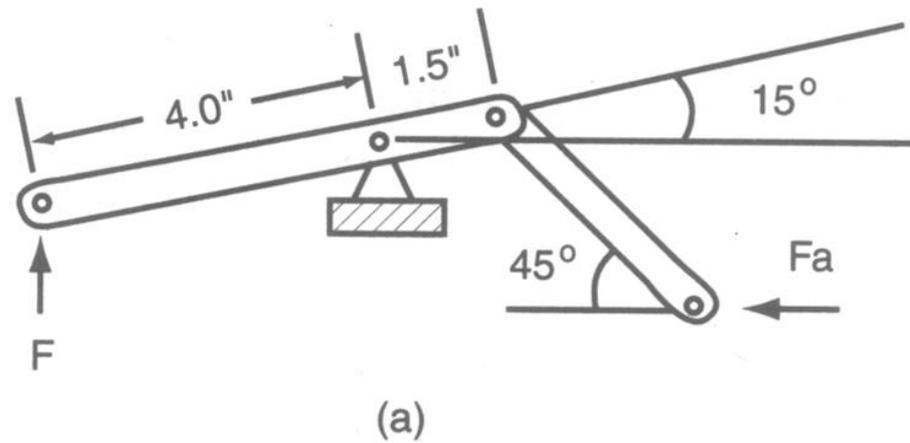
Exercício 1: Elos

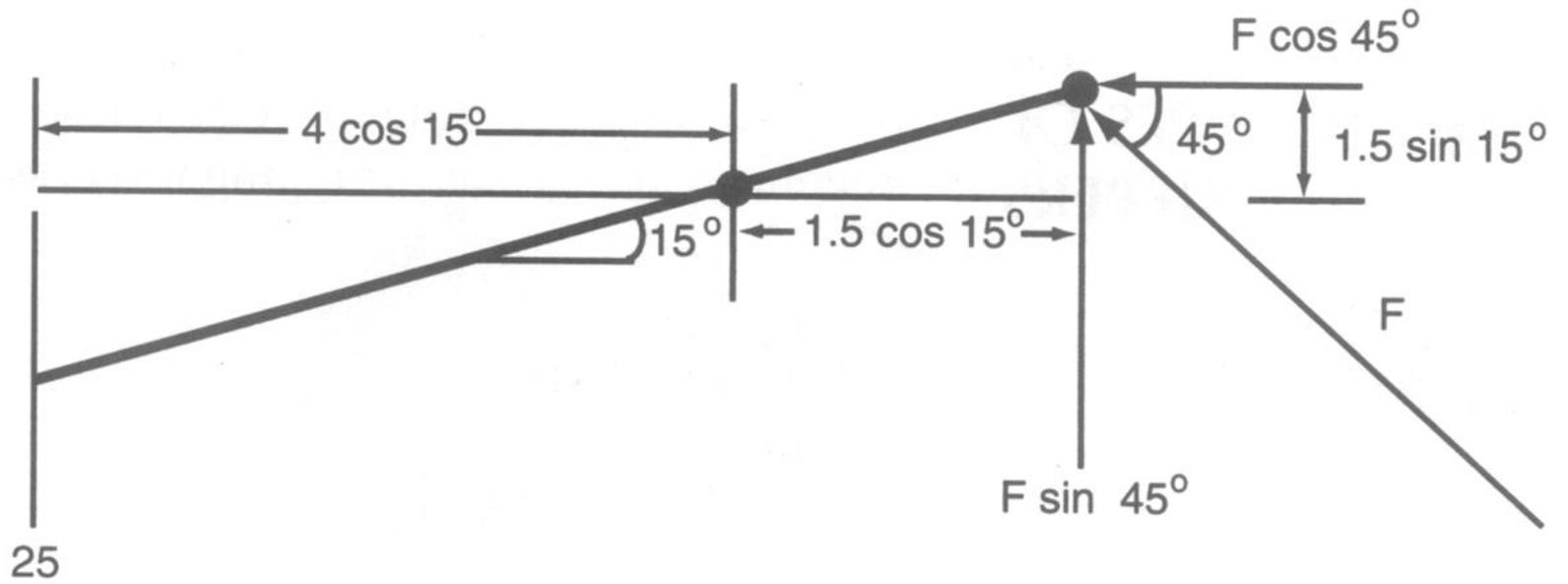
- Calcule a força que deve ser aplicada em F_a para que a garra da figura a seguir tenha uma força de prensão de 50 Newtons (25 de cada dedo).
- Solução:
 - A somatória dos momentos deve ser nula.
 - Inclui ângulos...

Exercício 1



Exercício 1







Solução

Encontrando F intermediário

$$25 \times (4 \cos 15^\circ) = F \times \sin 45^\circ \times (1,5 \cos 15^\circ) + F \cos 45^\circ \times (1,5 \sin 15^\circ)$$

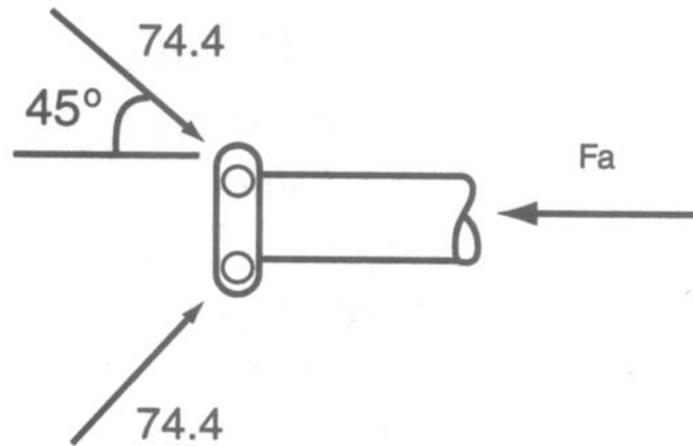
$$25 \times (3,863) = F \times 0,707 \times (3,863) + F \times 0,707 \times (0,388)$$

$$96,592 = F(1,024 + 0,274)$$

$$F = \frac{96,59}{1,298} = 74,4$$

Solução

Encontrando F aplicado

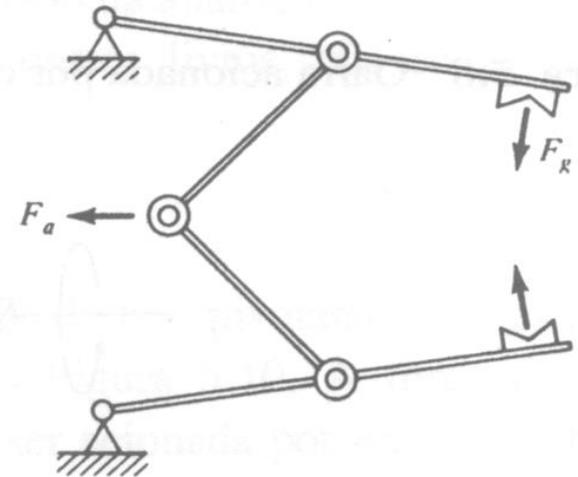
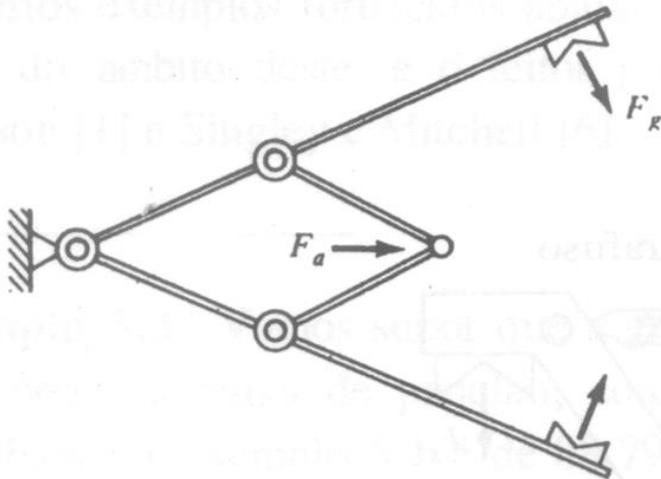
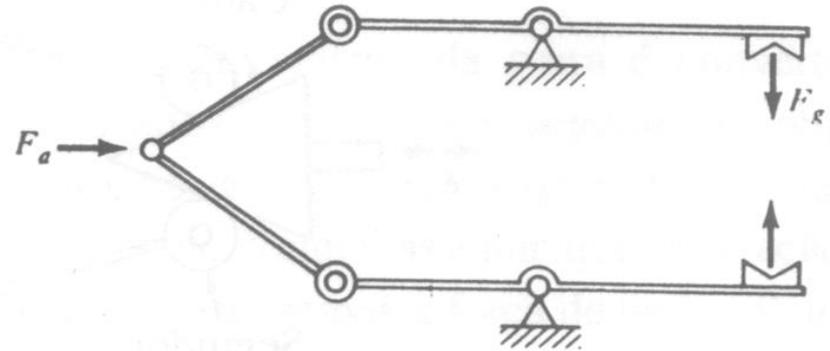
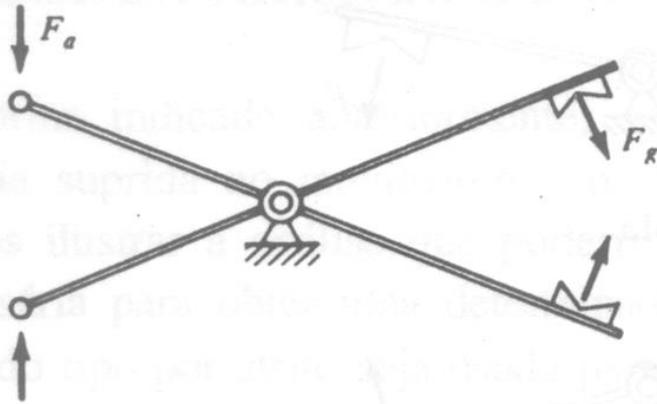


$$F_a = 2 \times F \times \cos 45^\circ$$

$$F_a = 2 \times 74,4 \times 0,707$$

$$F_a = 105,2$$

Configurações de elos

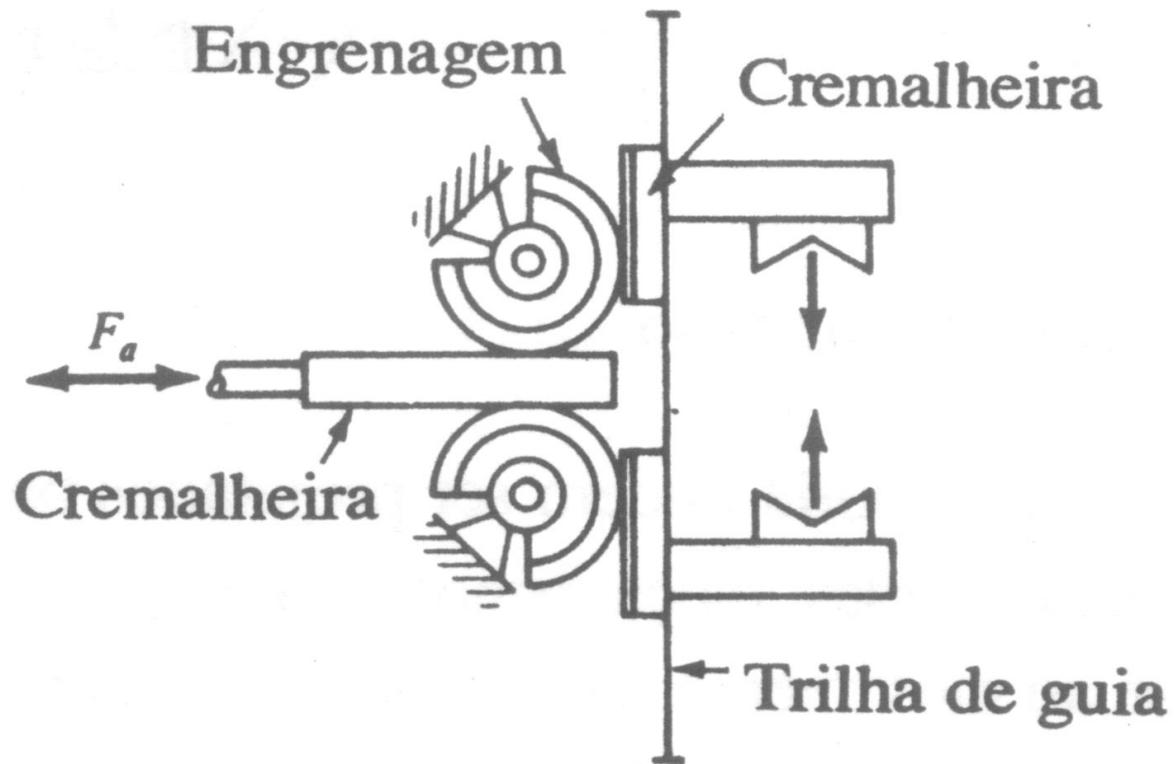




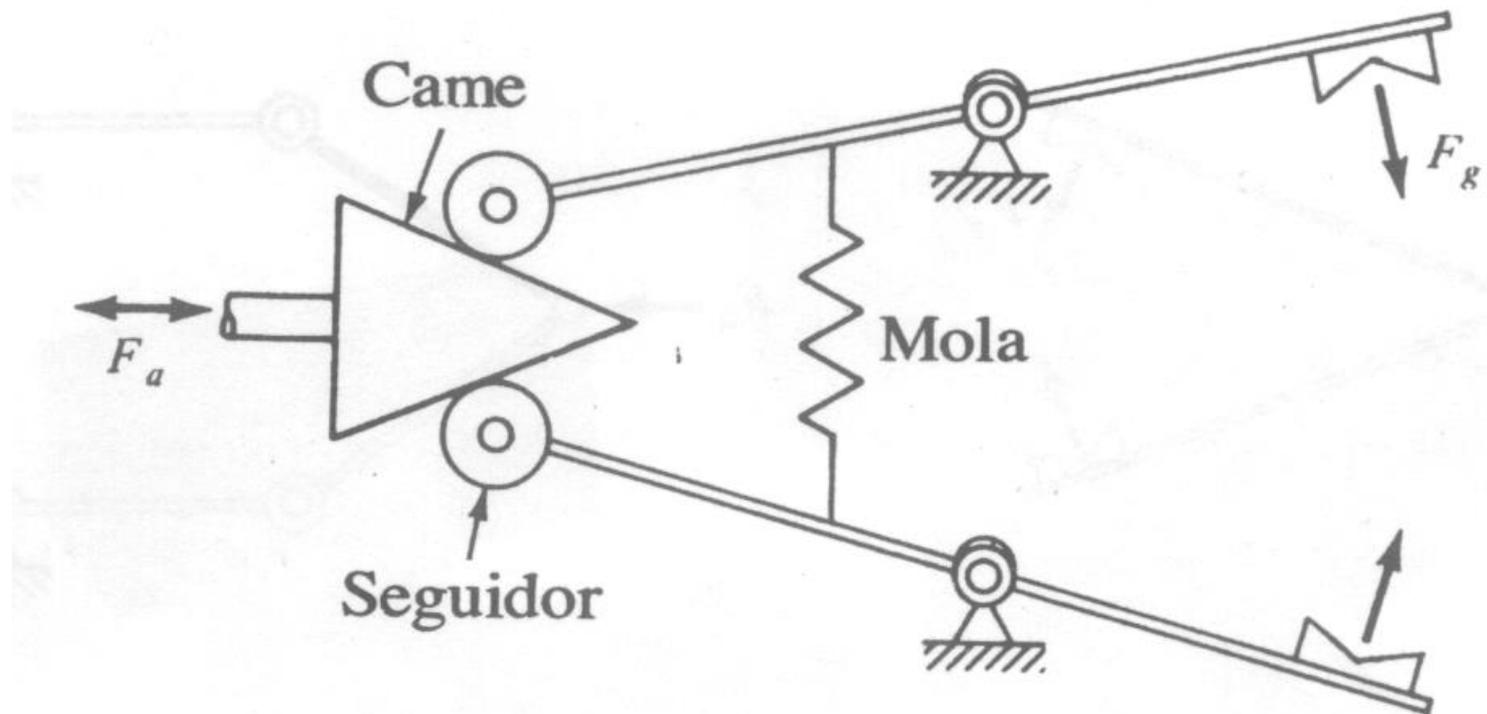
Geração da força Fa

- A força que é aplicada para atuar a garra pode ser gerada de diversas maneiras:
 - Motor elétrico:
 - Pinhão e cremalheira
 - Came
 - Porca e parafuso.
 - Pneumática.
 - Hidráulica.

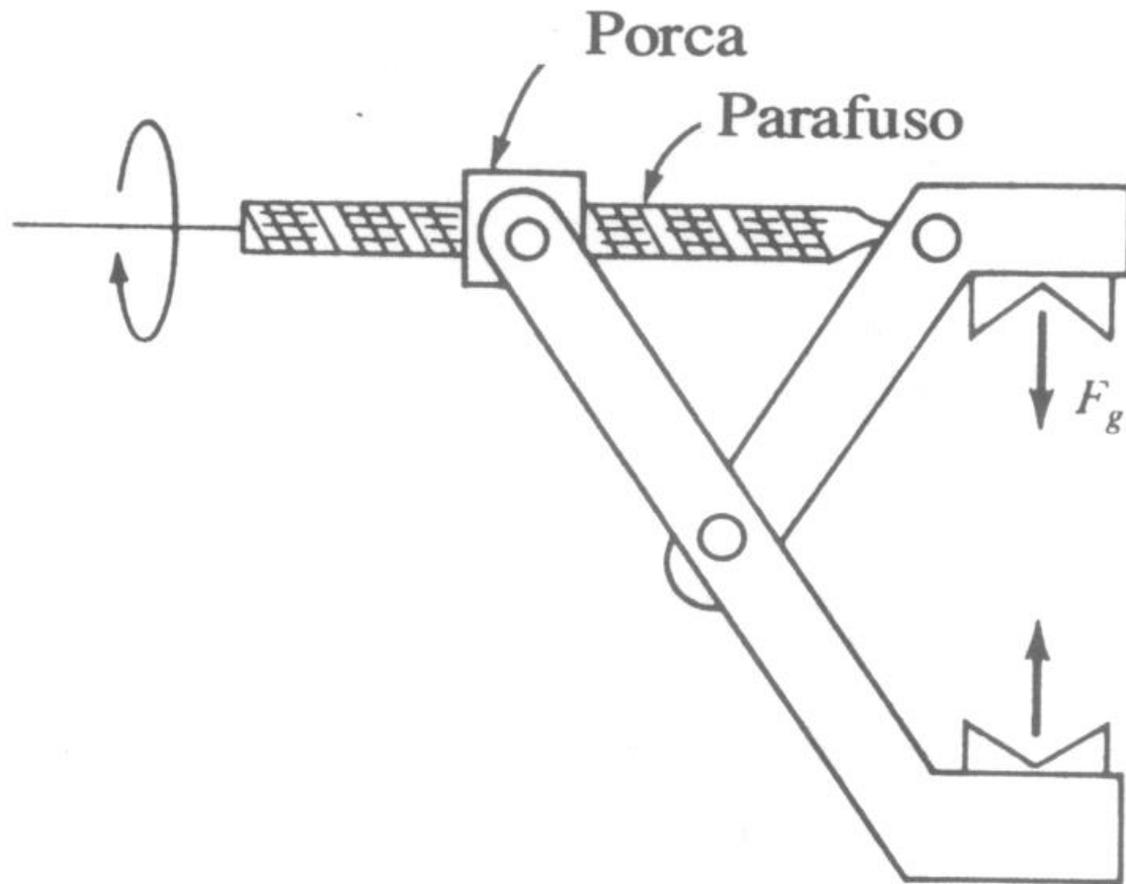
Pinhão e cremalheira



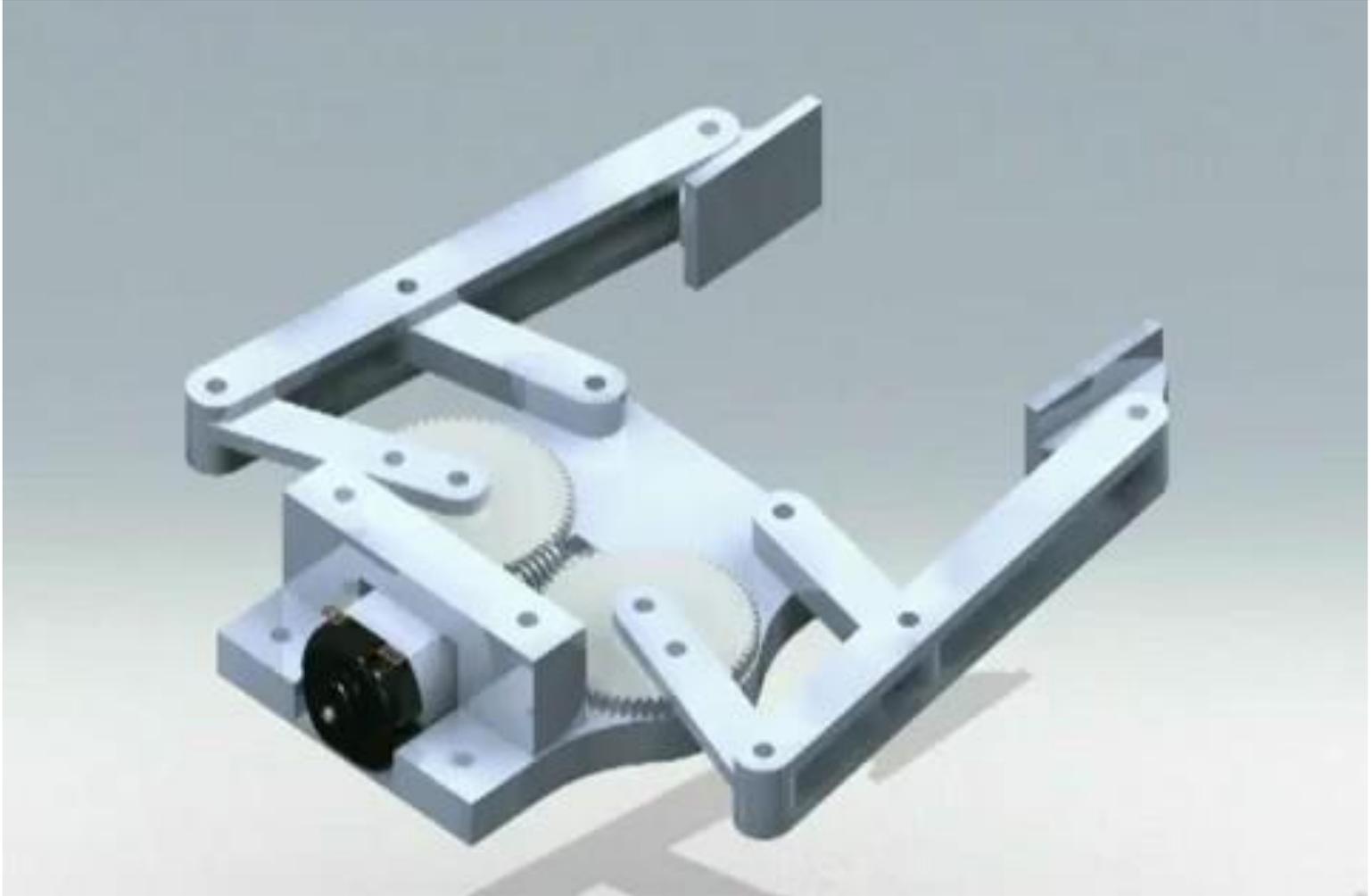
Came



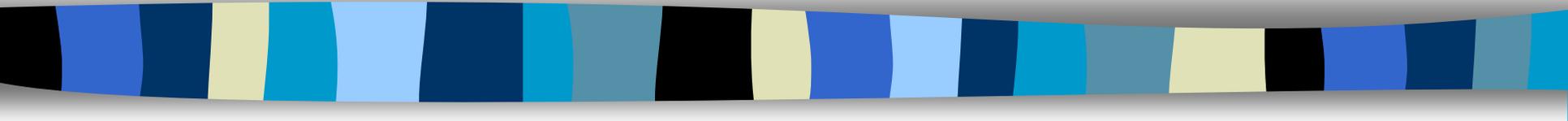
Porca e Parafuso



Garra com pinhão e cremalheira



Garras a vácuo





Garras a vácuo

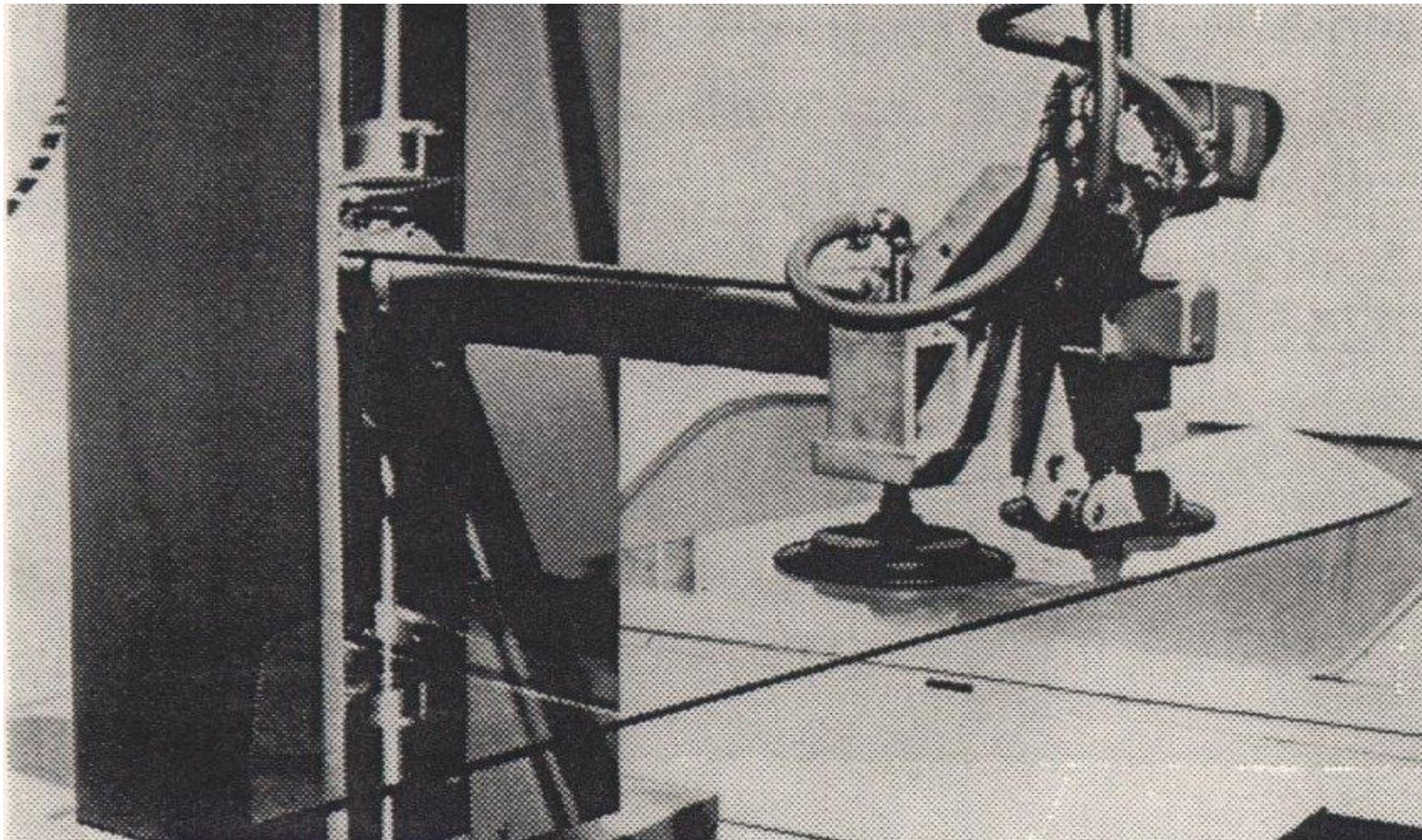
- Usa o vácuo para segurar objetos.
- O poder de “grude” é proporcional ao grau de vácuo atingido.
- Também chamados de garras a sucção.
- Possuem uma ou mais ventosas de borracha ou neoprene.
- Usadas para objetos planos ou com curvas.



Capacidade de carga

- A capacidade de carga de uma ventosa é dada por:
 - $F = P * A$, onde
 - F = Força, em Newtons.
 - P = A pressão negativa da ventosa.
 - A = A área da ventosa.
- Pode ser combinada com outras maneiras, como mecânica.

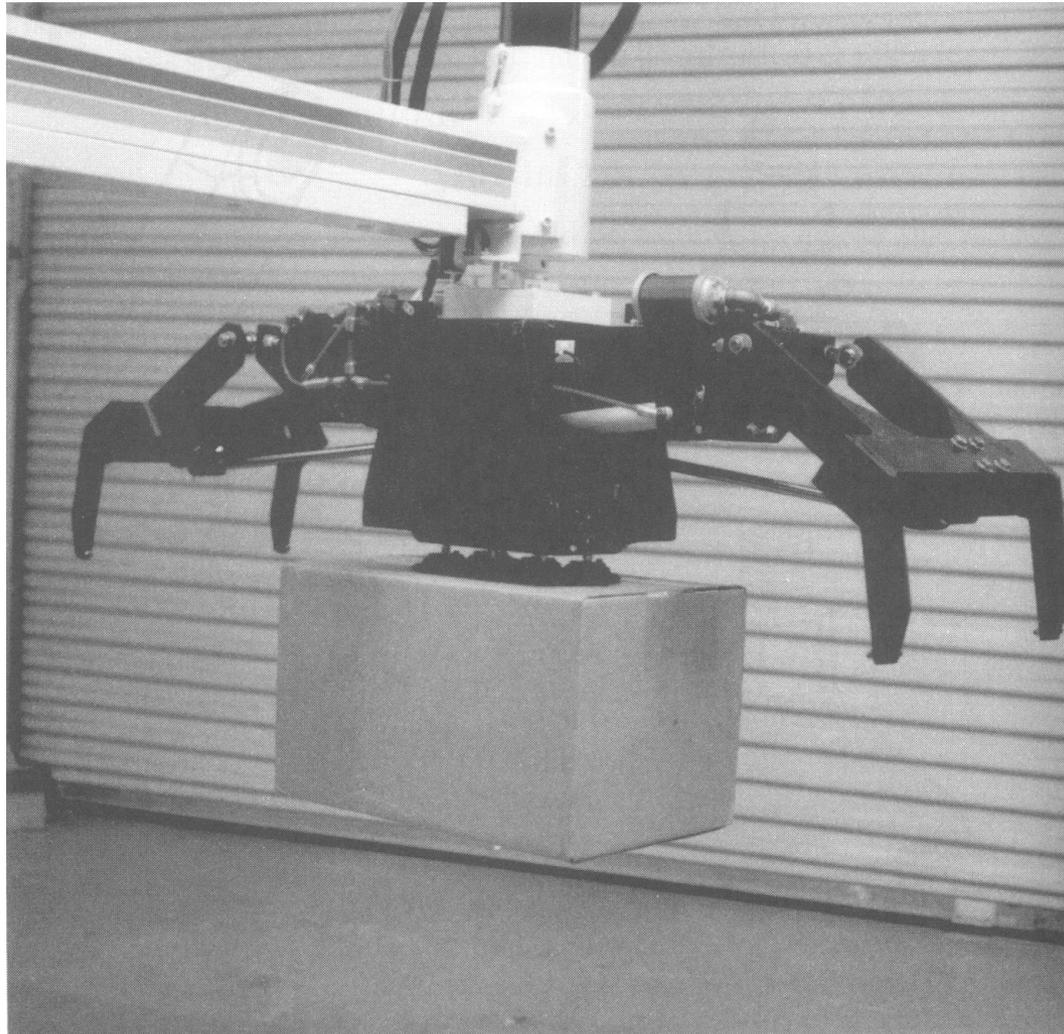
Garra a vácuo



Ventosas (ou *cups*) a Vácuo



Garra mista: vácuo + mecânica





HANDLING
Packaging

Superfícies a vácuo: múltiplas câmaras



V-GRIP





SCHMALZ

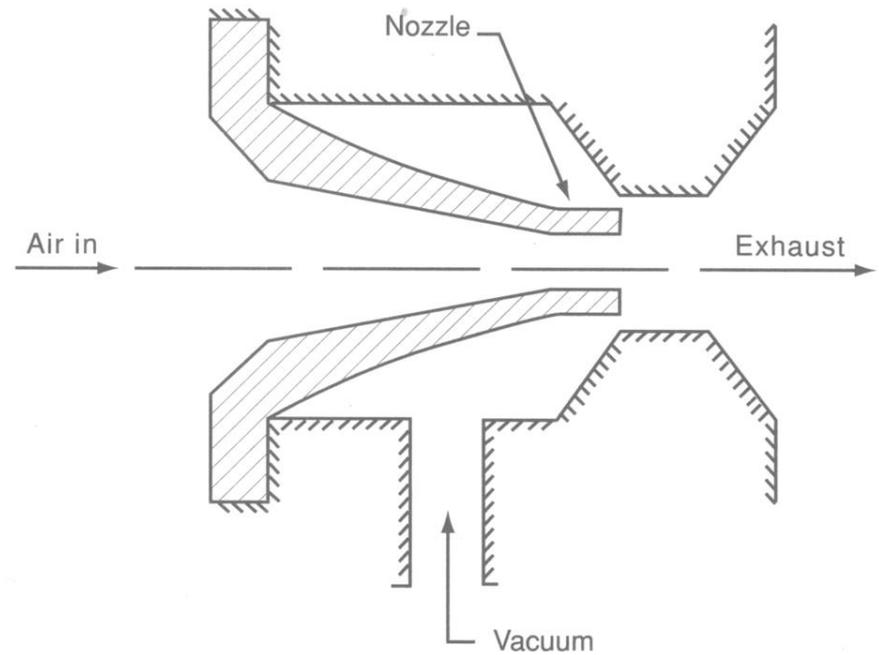




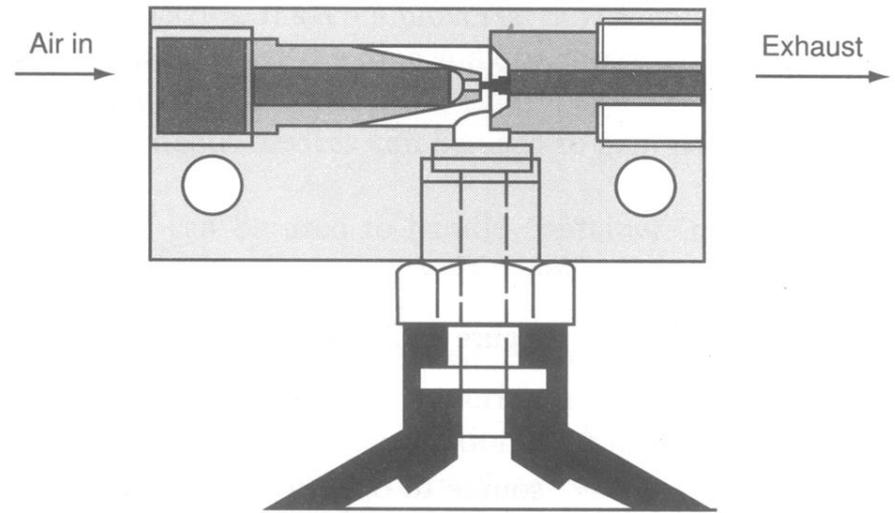
Criando o vácuo

- 2 maneiras de criar o vácuo:
 - Dispositivos de Venturi:
 - A passagem de ar comprimido suga o ar de dentro da ventosa.
 - Quanto maior a velocidade do ar, maior o vácuo.
 - Geradores a palheta ou pistão:
 - Bombas de vácuo operados por um motor elétrico.

Dispositivo de Venturi



(a)



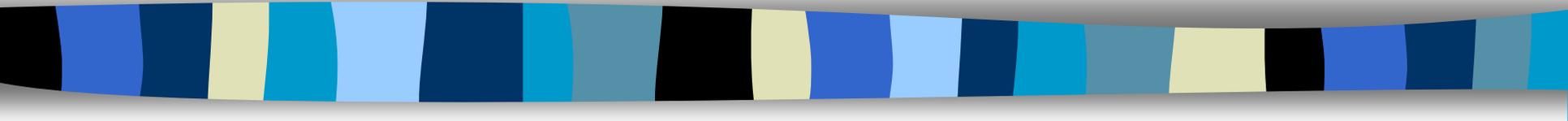
(b)



Vantagens

- Necessitam de apenas uma superfície para pegar a peça.
- Aplicam uma pressão uniforme na superfície da peça.
- A garra é relativamente leve.
- Aplicável a uma ampla gama de materiais.
- Baixo custo.

Garras magnéticas

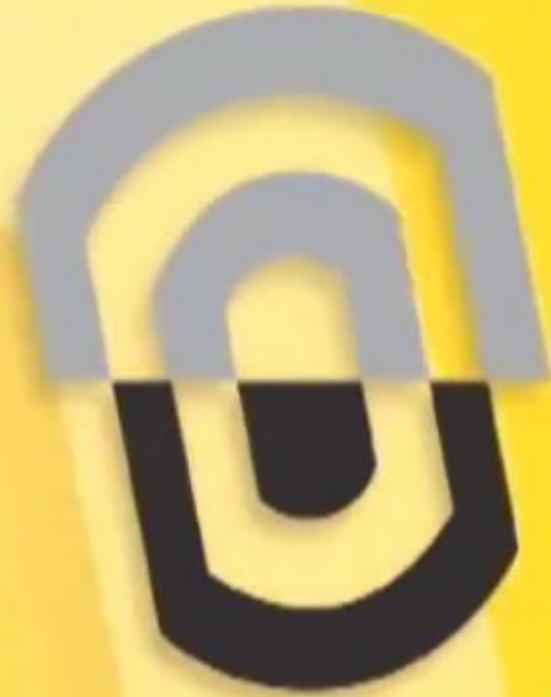


Garras magnéticas

- Similares às garras a vácuo.
- Levanta cargas metálicas usando um eletromagneto montado no manipulador.



Garras magnéticas



magswitchTM



Vantagens

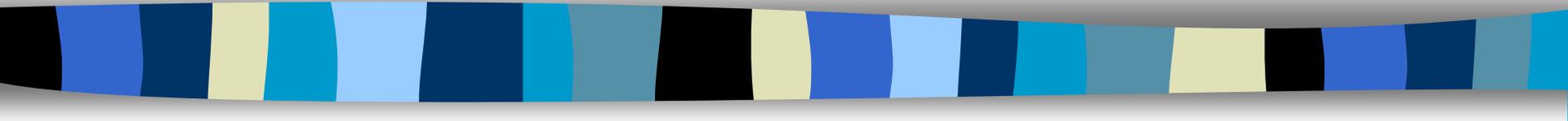
- Pick up time muito curto
- Tolerar objetos de diversos tamanhos.
- Conseguem segurar objetos com furos.
- Requerem apenas uma superfície para segurar o objeto.



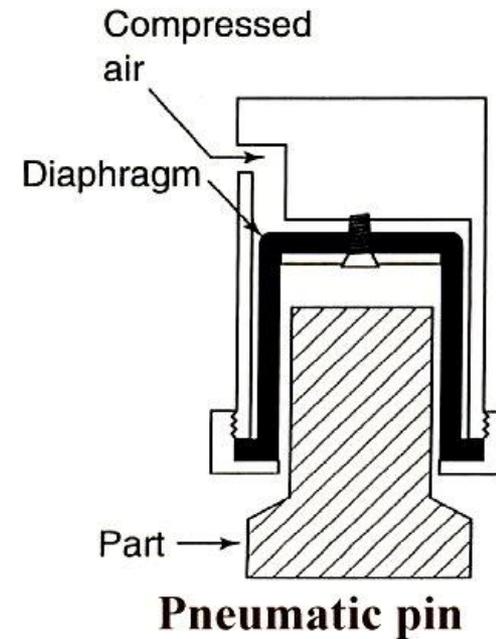
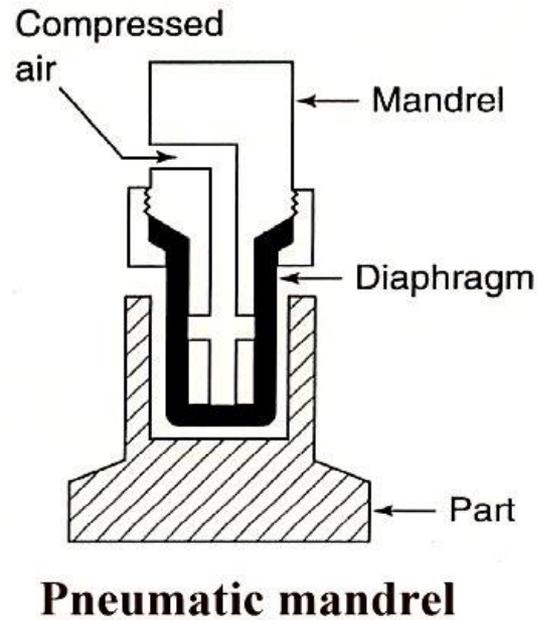
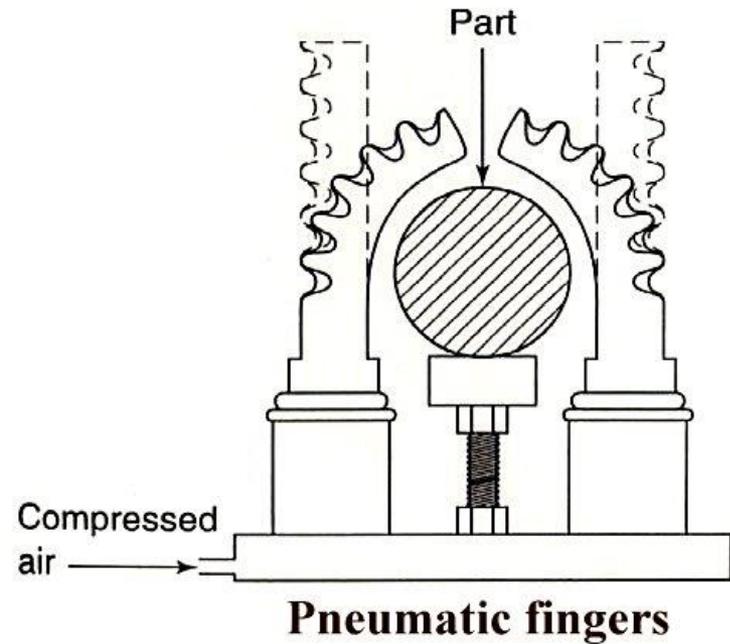
Desvantagens

- Magnetismo residual na peça pode causar problemas futuros.
- A atração magnética penetra no objeto, podendo levantar mais de um objeto ao mesmo tempo.

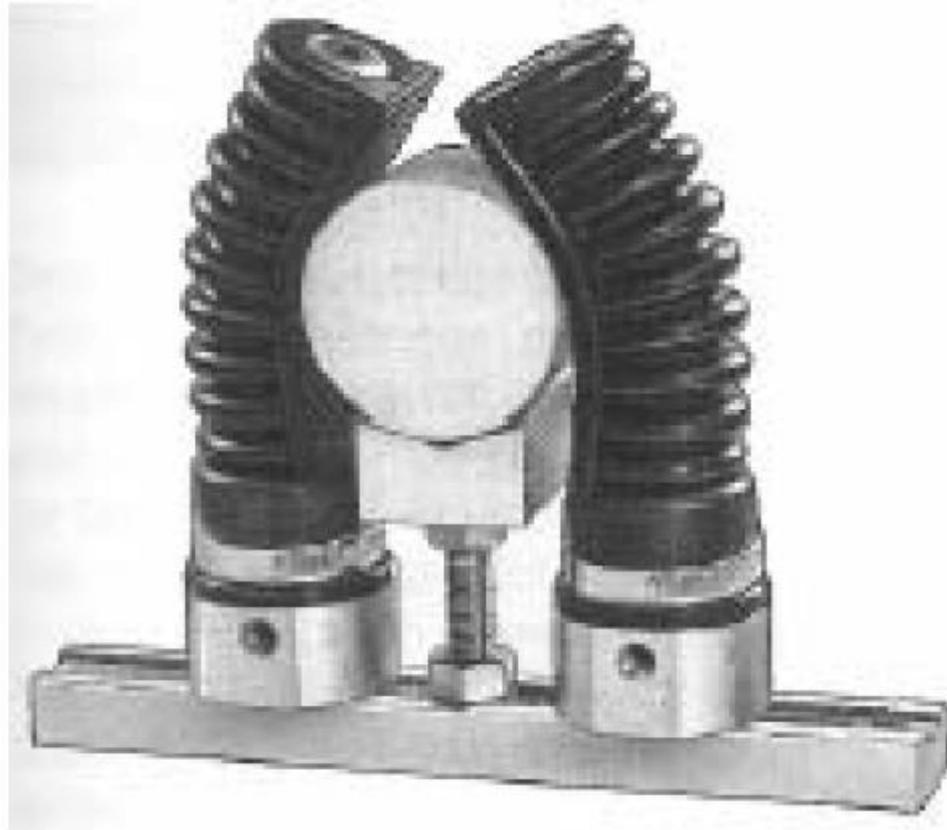
Garras pneumáticas



Garras pneumáticas



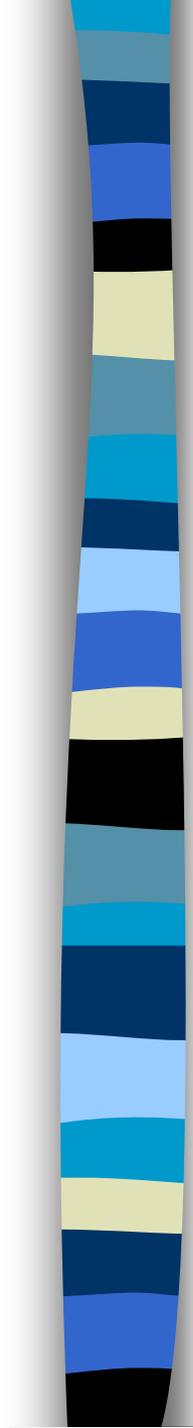
Garras Pneumáticas





Como selecionar uma garra

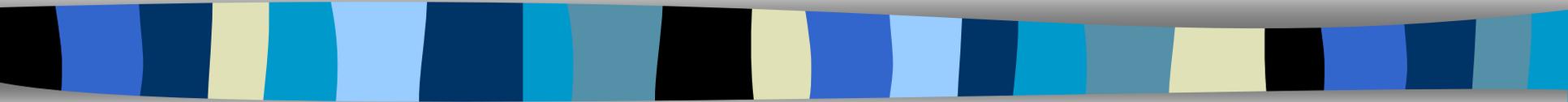
- Diversos fatores que devem ser levados em conta.
- A superfície do objeto a ser pego está acessível?
- A variação em tamanho das peças:
 - Muda durante a produção?
 - Muda em um mesmo ponto de trabalho (loading - unloading)?
- A peça pode ser riscada ou entortada pela manipulação?
- Garras especiais podem ser necessárias?



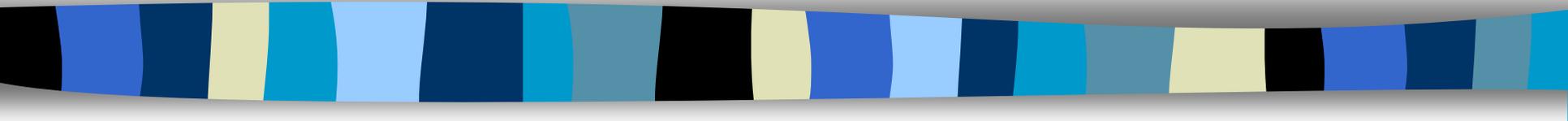
Como selecionar uma garra

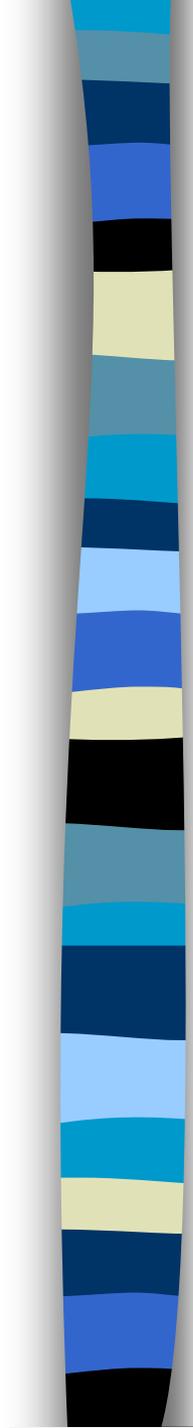
- Fatores que determinam a força necessária:
 - Peso do objeto
 - Velocidade e aceleração durante a manipulação.
 - Fricção entre o objeto e a garra.
 - Restrições físicas da peça.

Intervalo



Mãos Robóticas





“Mãos” robóticas

- Quanto o maior número de graus de liberdades, maior a versatilidade, destreza e habilidade do atuador.
- Atuadores que possuam 3 ou mais dedos:
 - 3 dedos: Tri-dactilos
 - 5 ou 6 dedos: Mão robótica.
 - Mãos destras: copias das humanas.
- Geralmente são sub-atuados.

Mão Humana - 22 DOFs

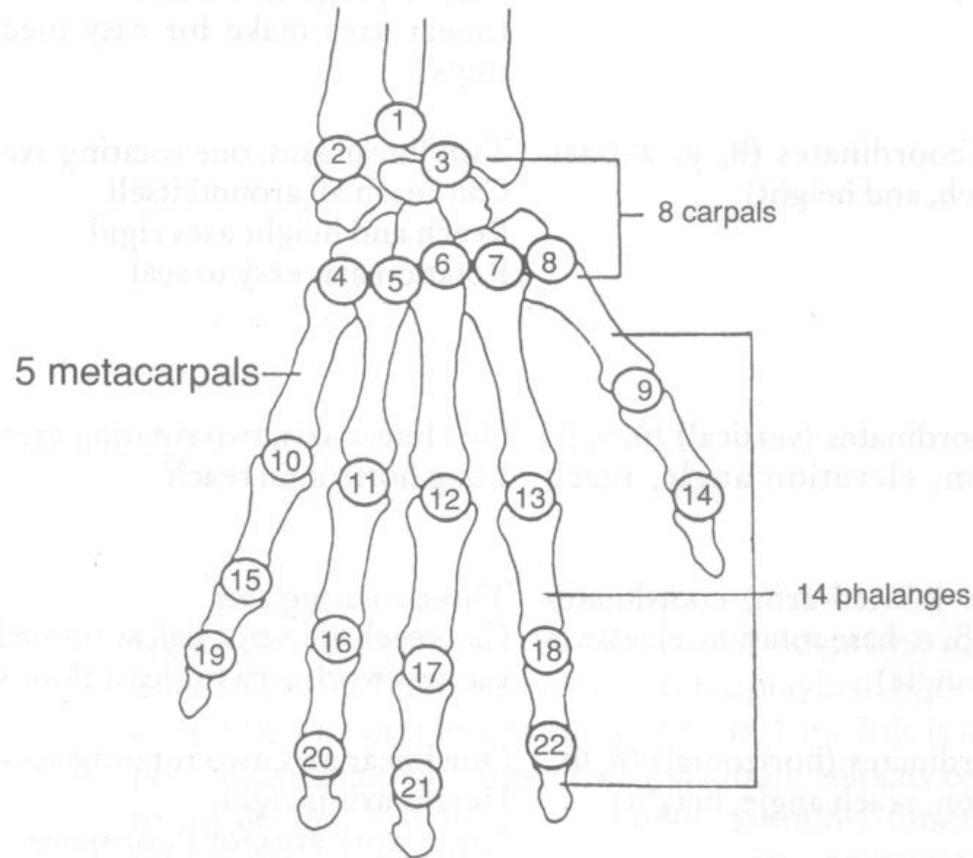
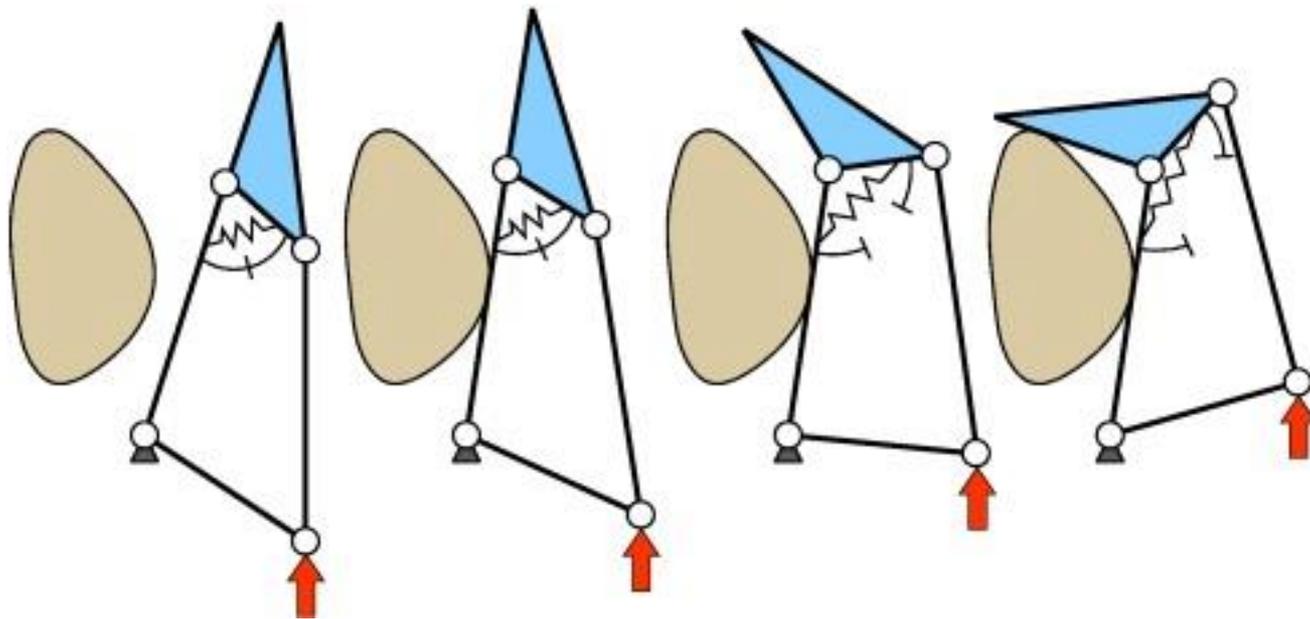


Figure 3.3.1 · Degrees of freedom of the human hand

Dedos Sub-atuados

- Como os dedos humanos, com tendões



12 DOF Subatuado

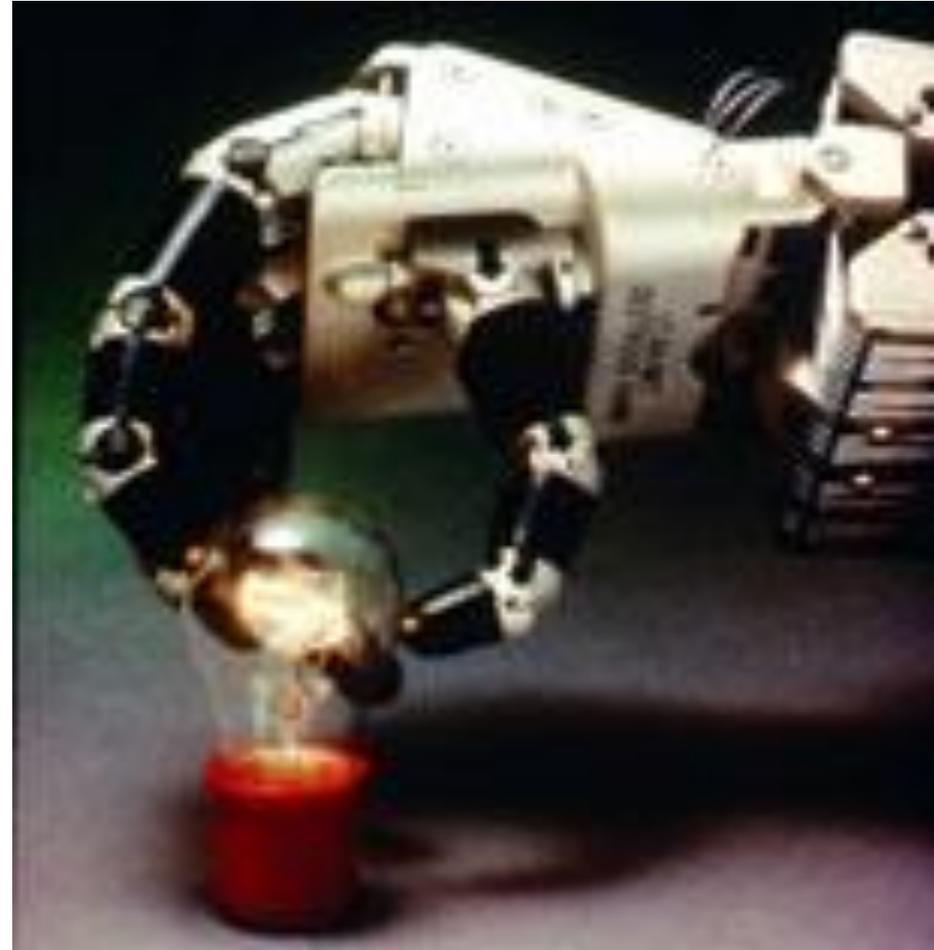
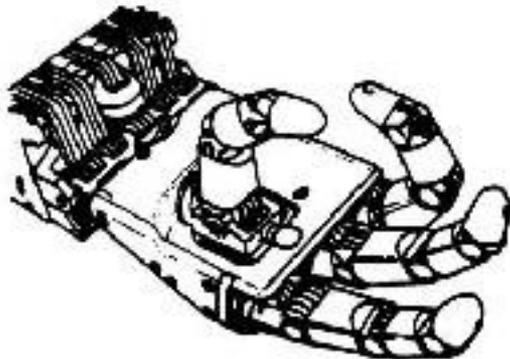
- 12 DOF,
- 4 por dedo
- 2 motores por dedo.



**Underactuated
Self-Adaptive
12-DOF Robotic Hand
(6 built-in motors)**

UTAH-MIT Dextrous Hand

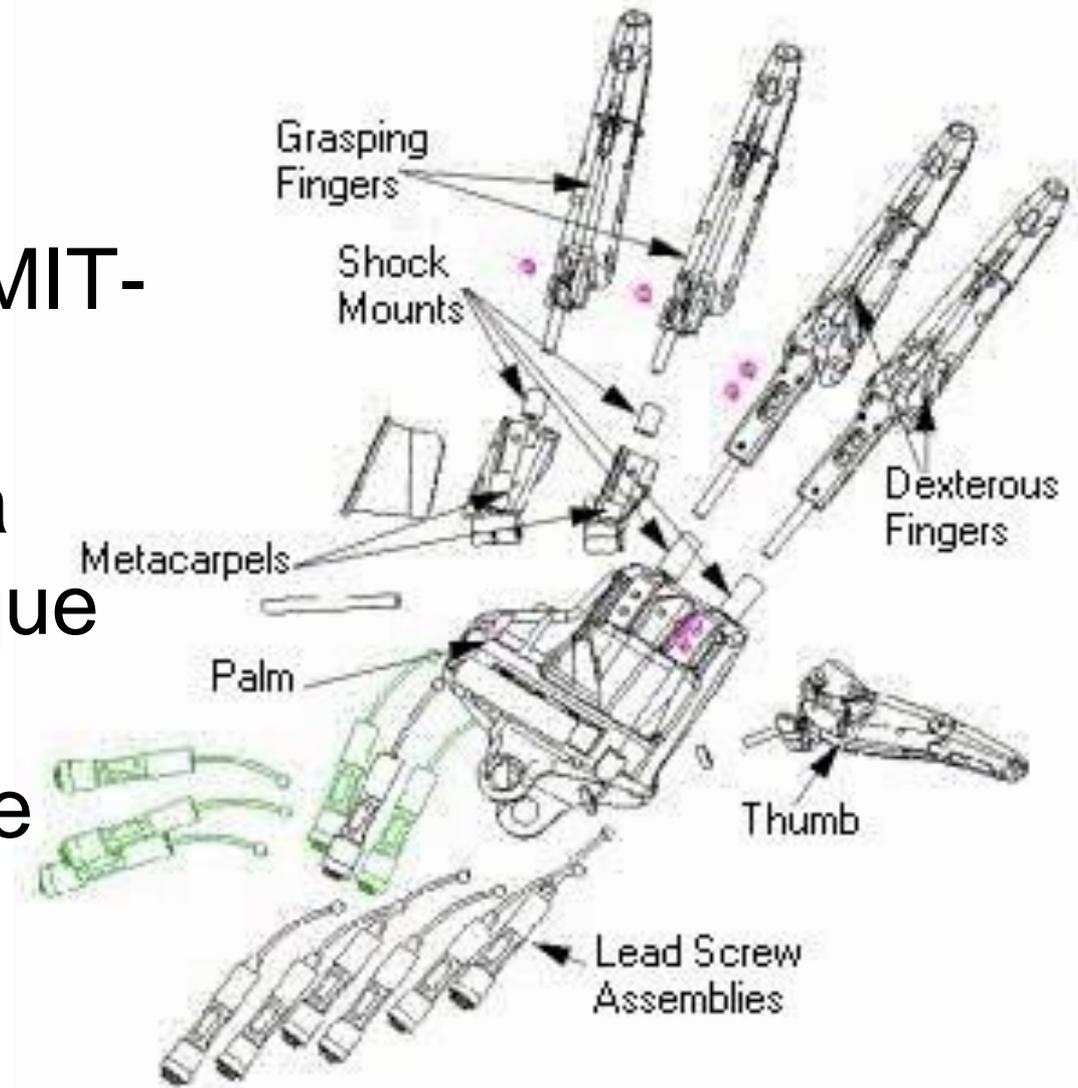
- A mão destra mais famosa.
- 3 ou 4 dedos + 1 polegar opositor.





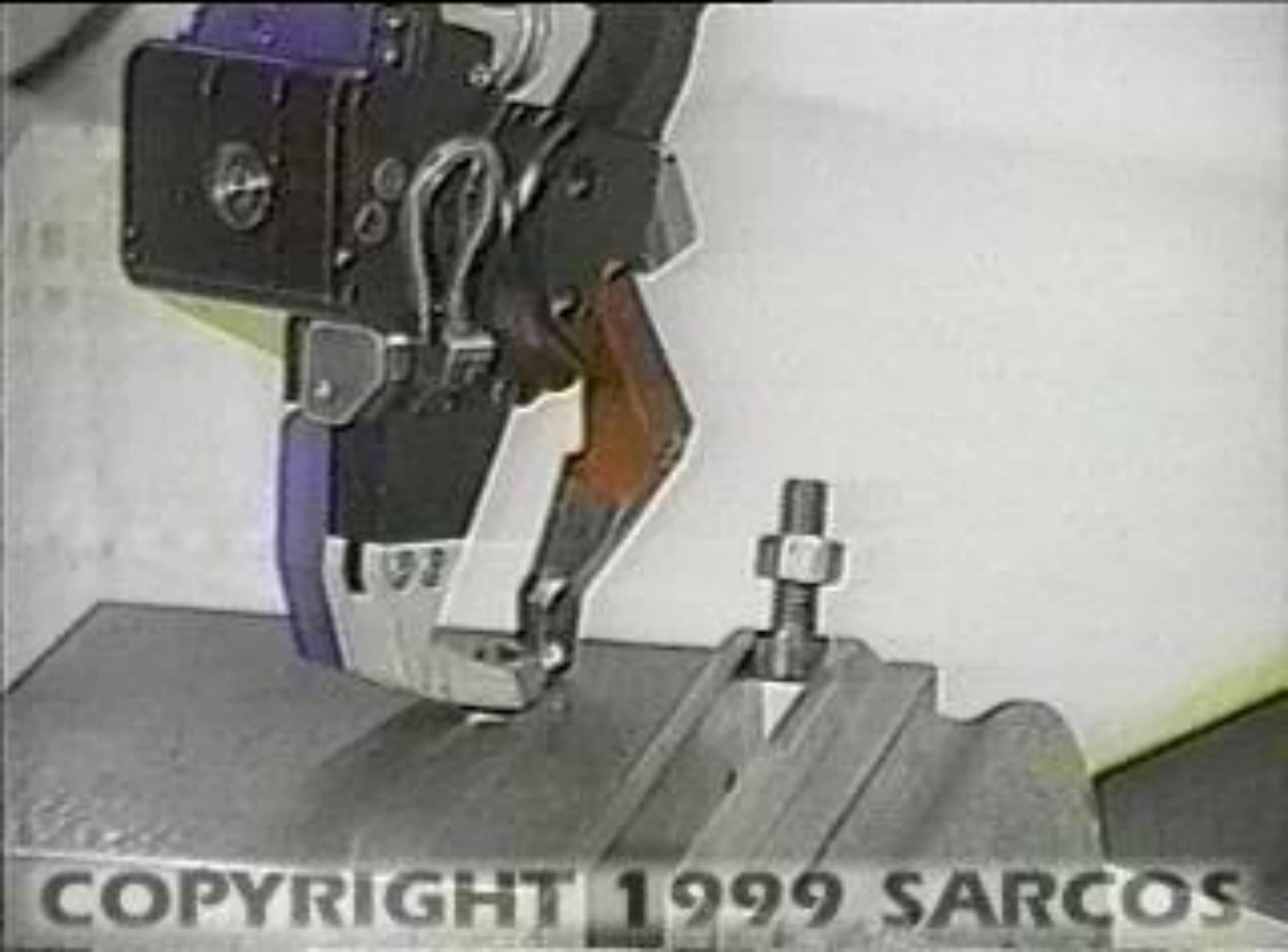
Sarcos Dextrous Hand

- Versão atuais da MIT-UTAH.
- Sarcos é a empresa que hoje desenvolve essa mão.

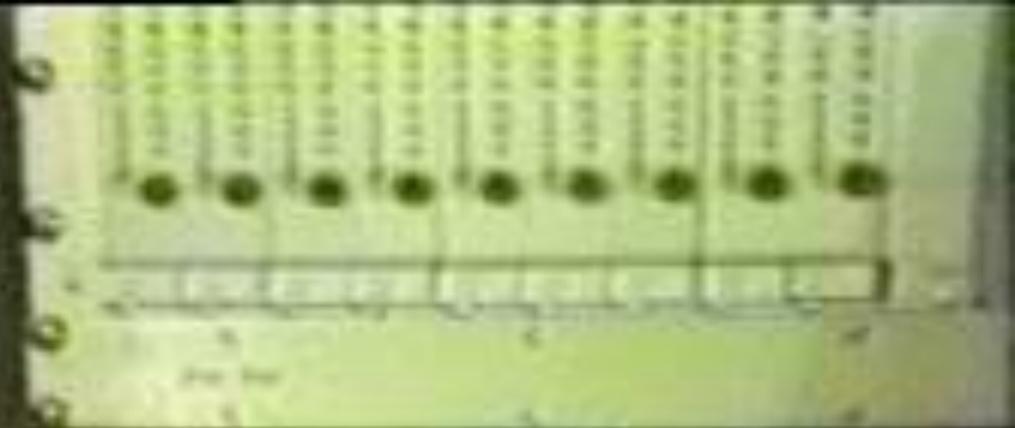




COPYRIGHT 1999 SARCOS



COPYRIGHT 1999 SARCOS



COPYRIGHT 1999 SARCOS

Robonaut

- Projeto de torso humanóide NASA
- Mão destros com 5 dedos.



<http://robonaut.jsc.nasa.gov/>



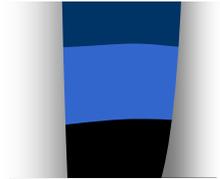
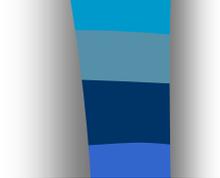


Robonaut R2 – NASA + GM

- *NASA and GM are working together to accelerate development of the next generation of robots and related technologies for use in the automotive and aerospace industries.*







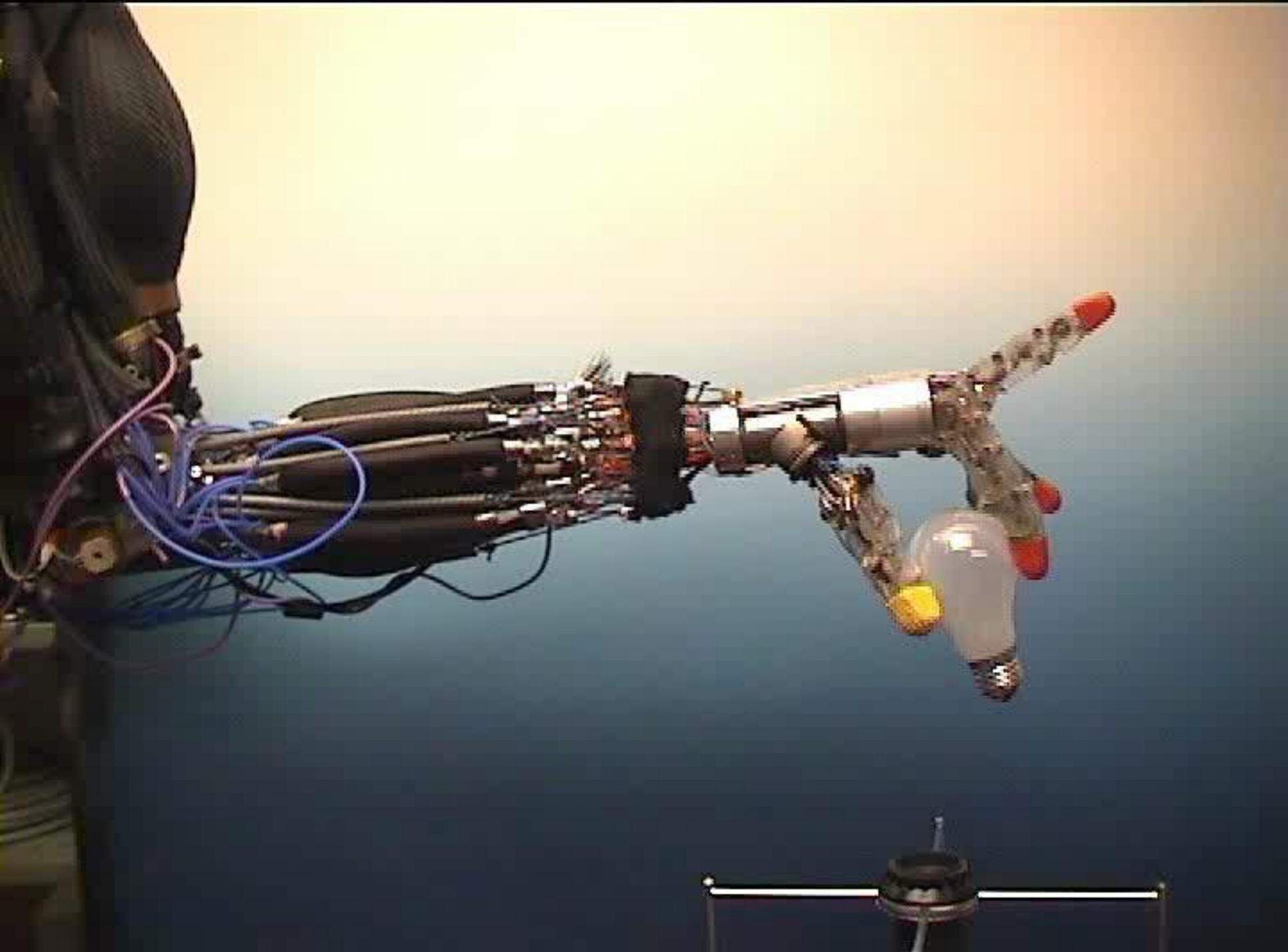
Shadow Hand

- Shadow Robotics company, UK.
- www.shadow.org.uk
- Pneumática.
- 90,000 Euros

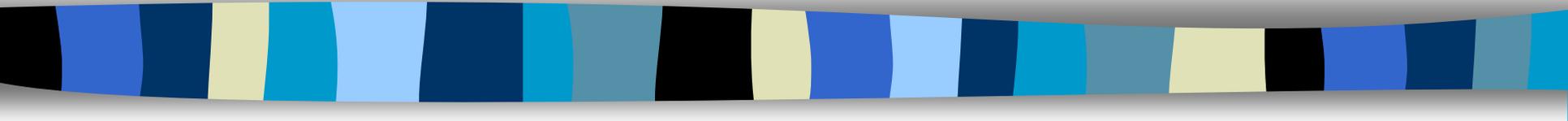


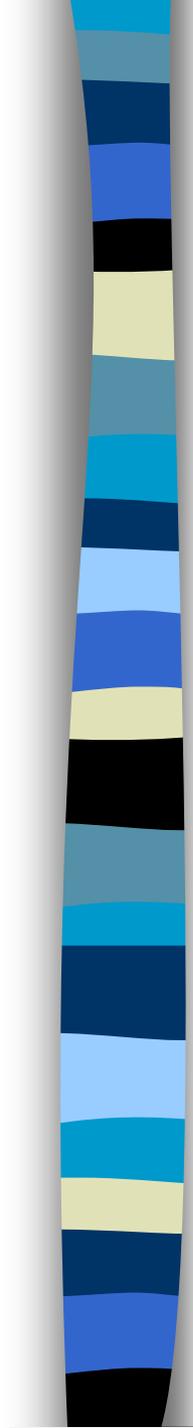






Ferramentas





Ferramentas de processamento

- Ferramentas são os atuadores usados para realizar tarefas diferentes das “pick-up and place”.
- Diversos tipos.
- Um robô pode manipular várias ferramentas em seguida.
- Aplicações...

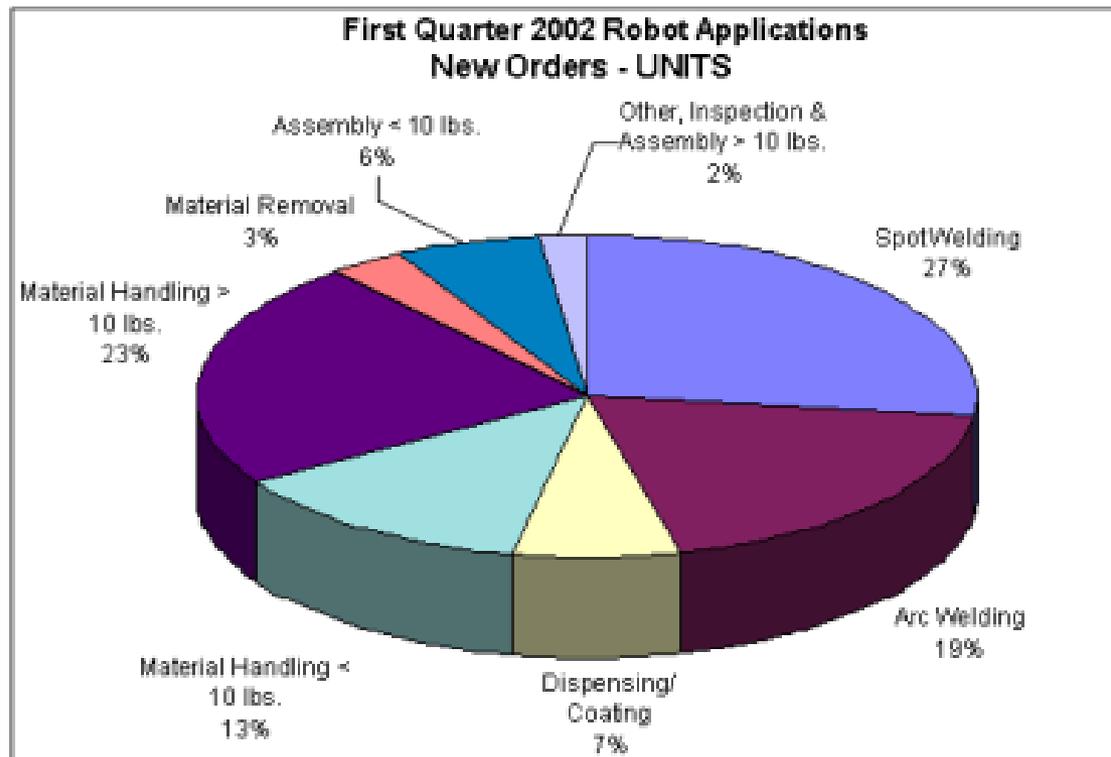


Soldas

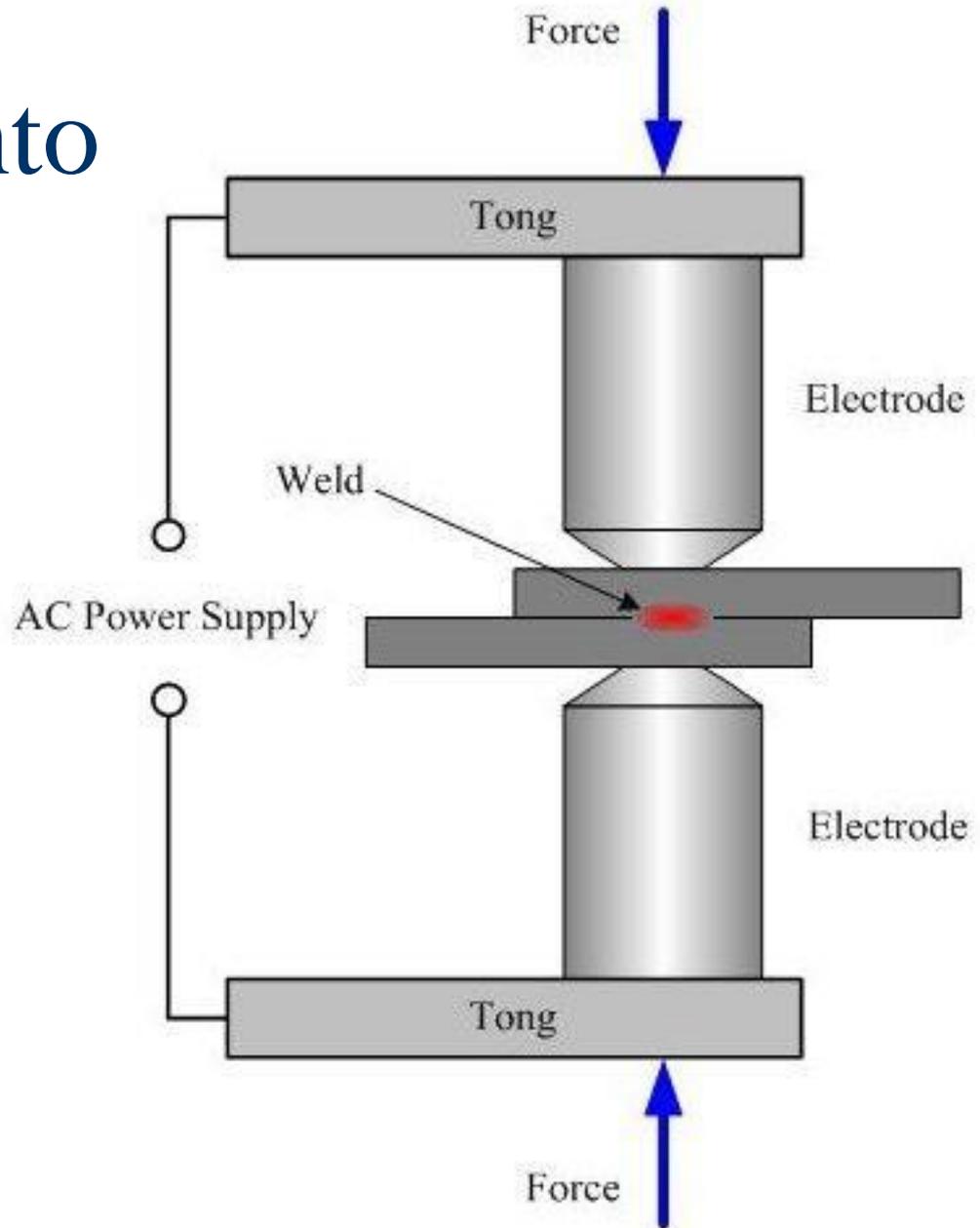
- Existem ferramentas para diversos tipos de soldagens:
 - Solda Ponto (Spot)
 - MIG
 - TIG
 - ...

Solda Ponto

- A ferramenta mais utilizada pelos manipuladores é a de solda ponto.



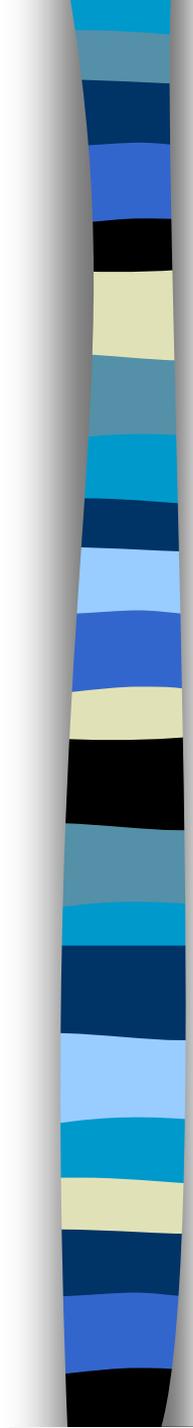
Solda Ponto





WELDING

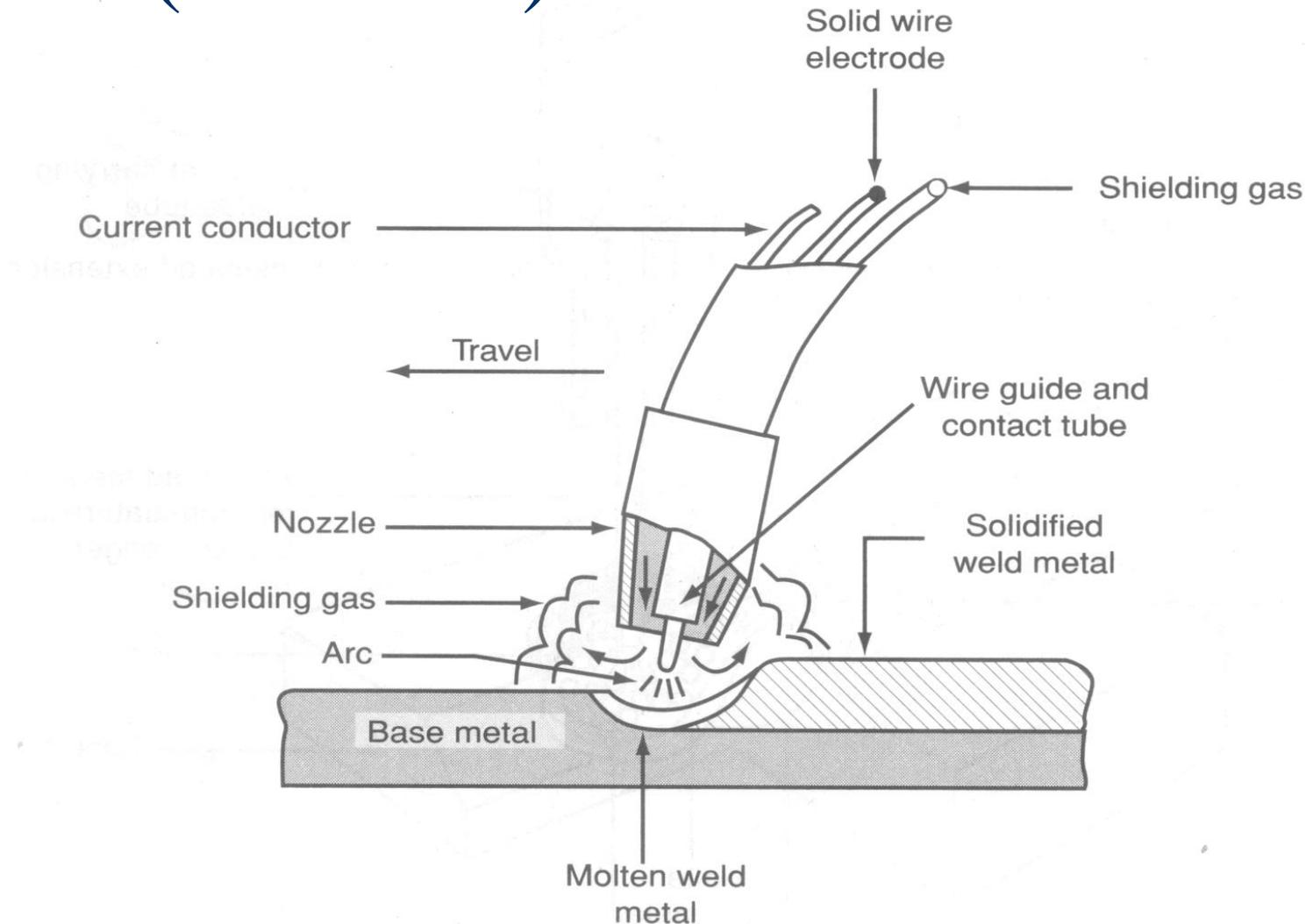
Spot



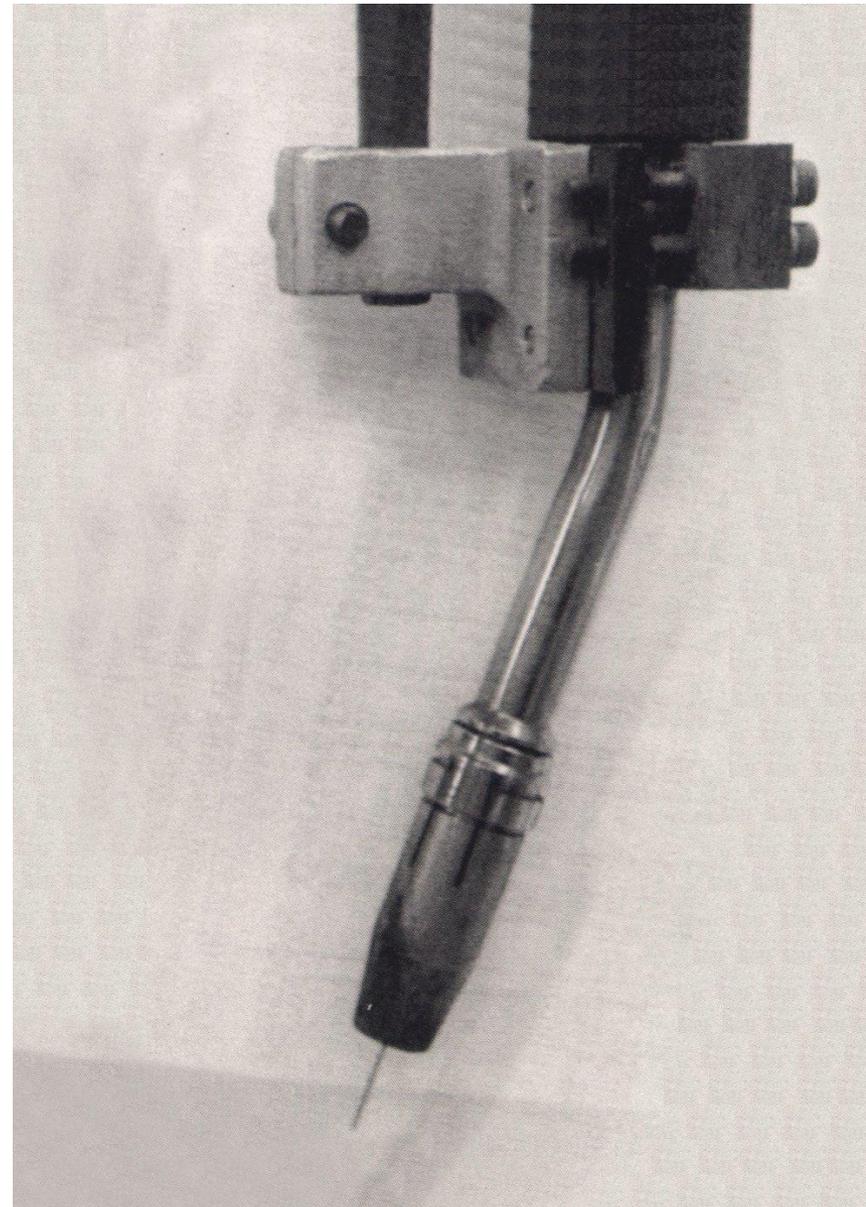
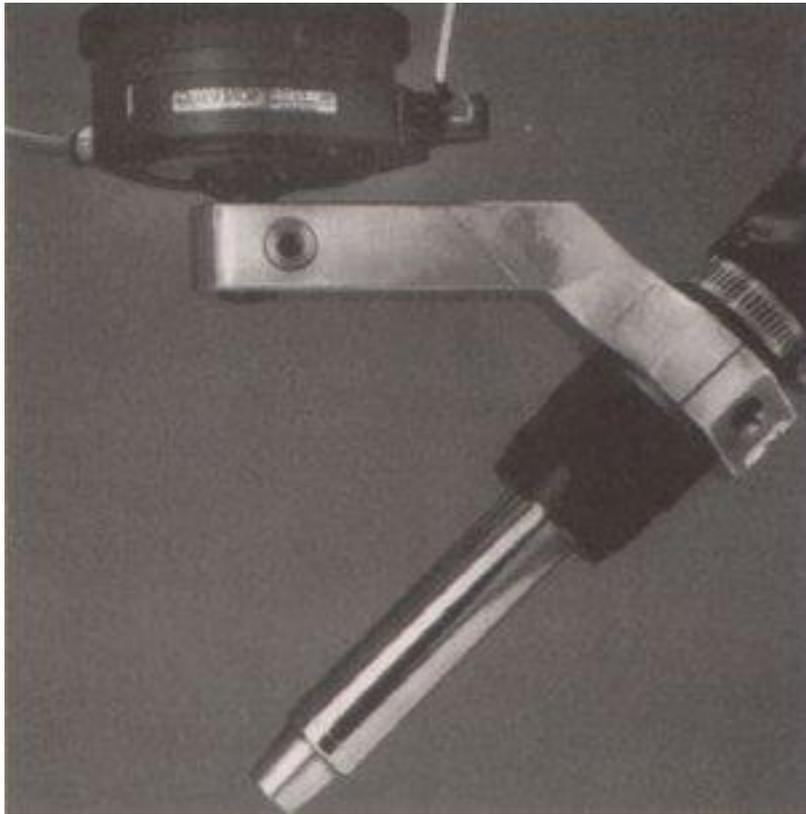
Solda MIG ou MAG ou (GMAW)

- MIG (Metal Inert Gas) ou MAG (Metal Active Gas) ou Gas-Shielded Metal Arc Welding (GMAW).
- Um arco é mantido entre o arame sólido e a peça de trabalho.
- O arco e a poça de solda são protegidos por um gás inerte ou um ativo.

Solda MIG ou MAG ou (GMAW)



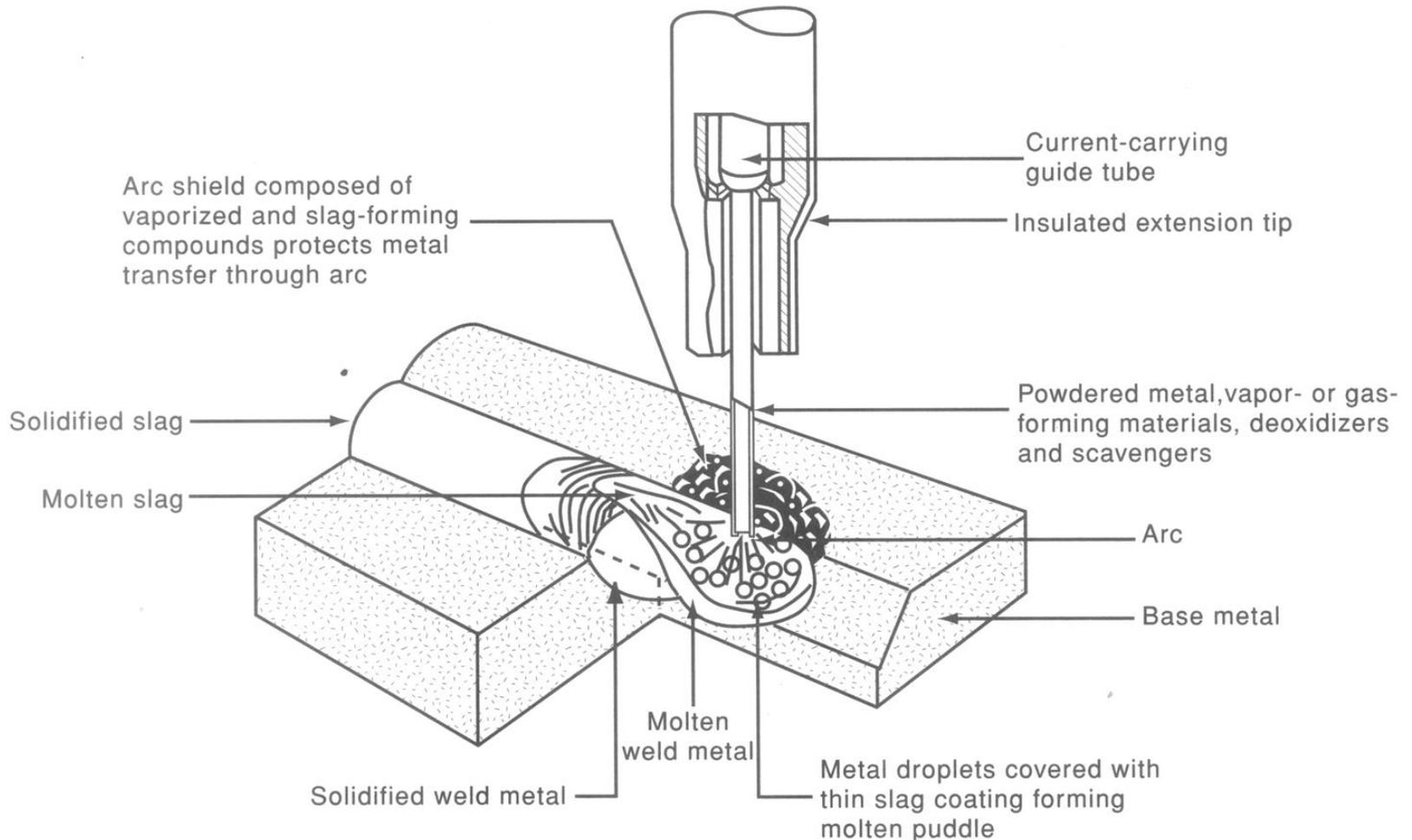
MIG torch



A photograph of a car's metal chassis on an assembly line. The car is positioned centrally, with its front and rear sections visible. The background is filled with the complex machinery of the factory, including conveyor belts and structural beams. Overlaid on the center of the image is the word "WELDING" in large, blue, bold, sans-serif capital letters. Below it, the word "MIG" is also in blue, bold, sans-serif capital letters, but smaller in size. The lighting is bright, typical of an industrial setting.

WELDING
MIG

Solda com Arames Tubulares (FCAW)

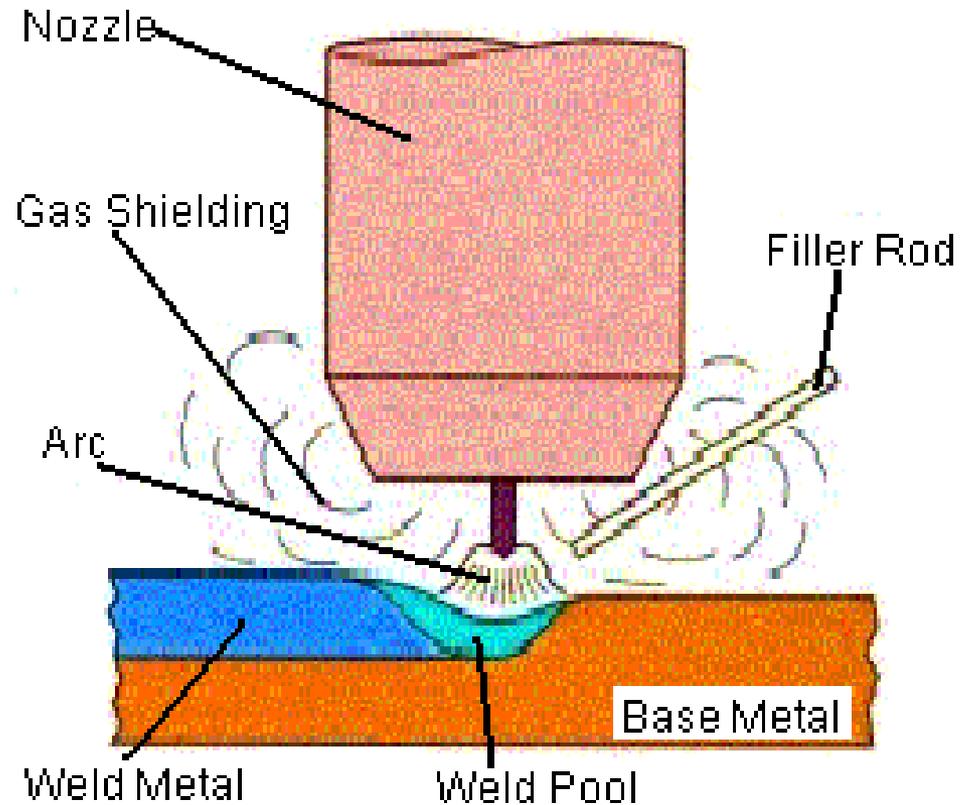




Solda TIG ou GTAW

- TIG (Tungsten Inert Gas) ou GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding).
- Utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível.
- O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera protetora de gás inerte.

Solda TIG ou GTAW



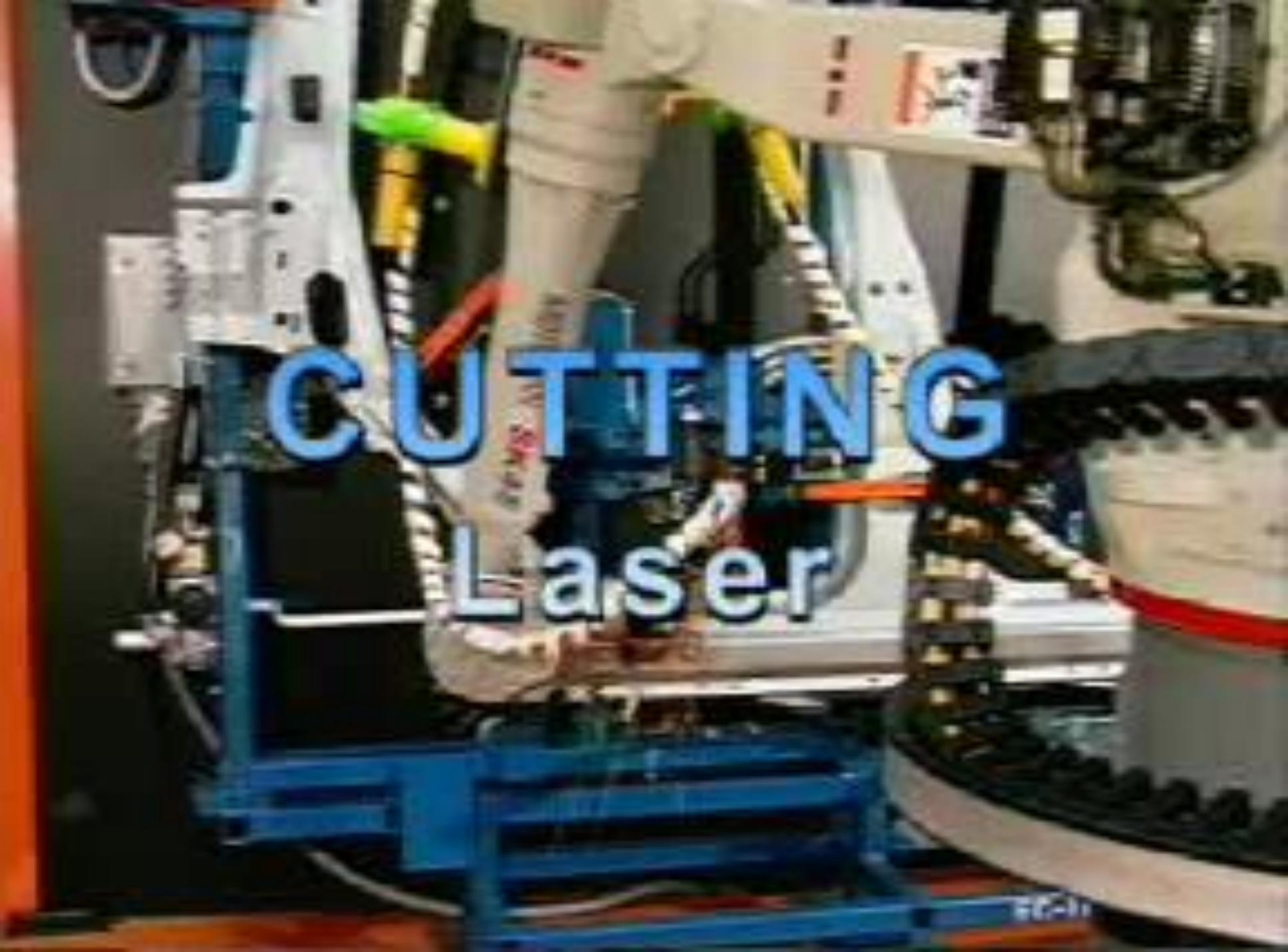


Arc Weld
WELDING
TIG



Ferramentas de corte

- Laser
- Jatos de Água
- Plasma

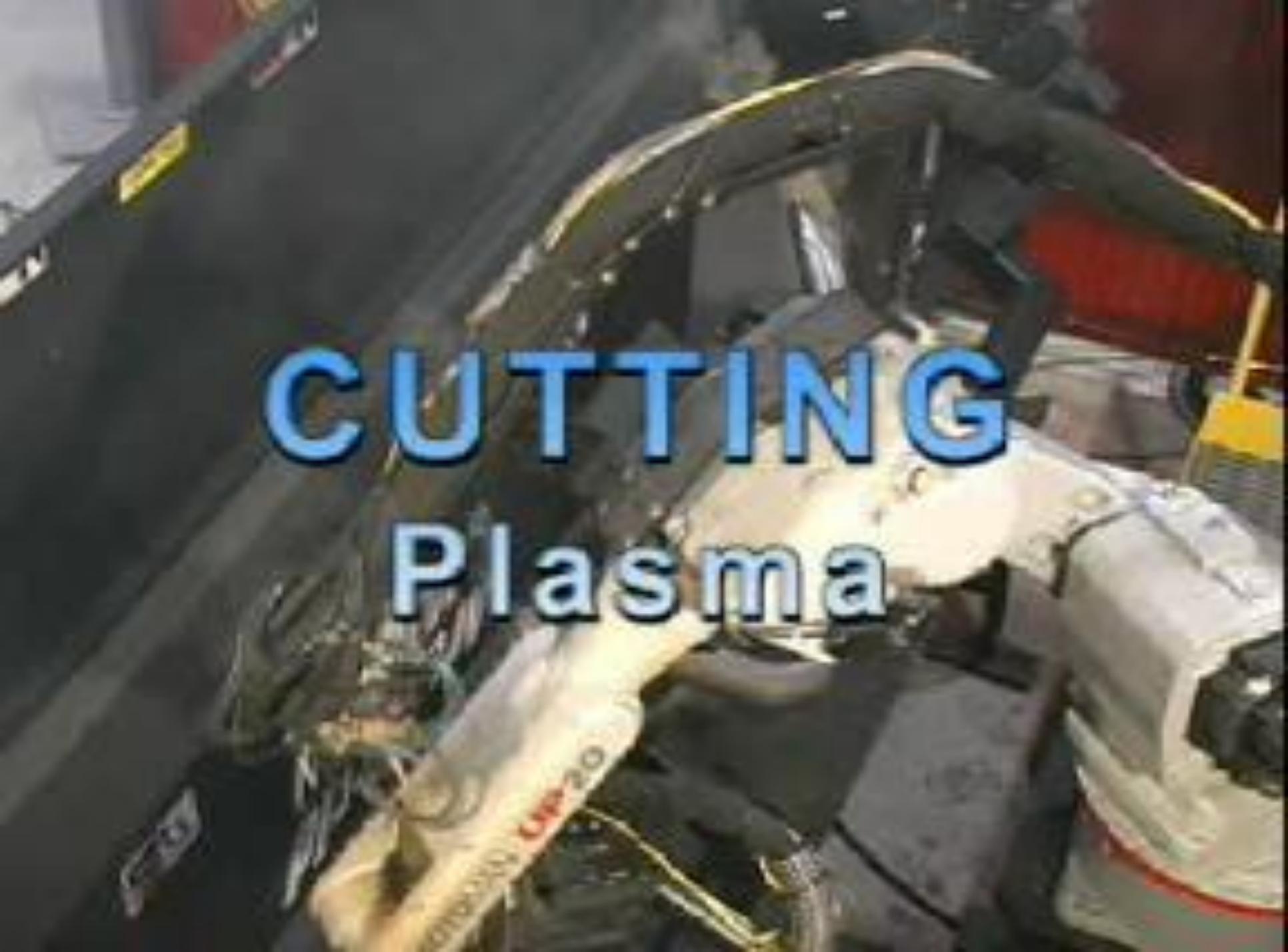
An industrial robot arm, likely a KUKA model, is shown in a factory setting. The arm is white and blue, with a laser cutting tool attached to its end effector. The tool is emitting a bright orange laser beam. The robot is positioned over a workpiece, which is partially visible on the right side of the frame. The background shows various industrial components and structures.

CUTTING

Laser

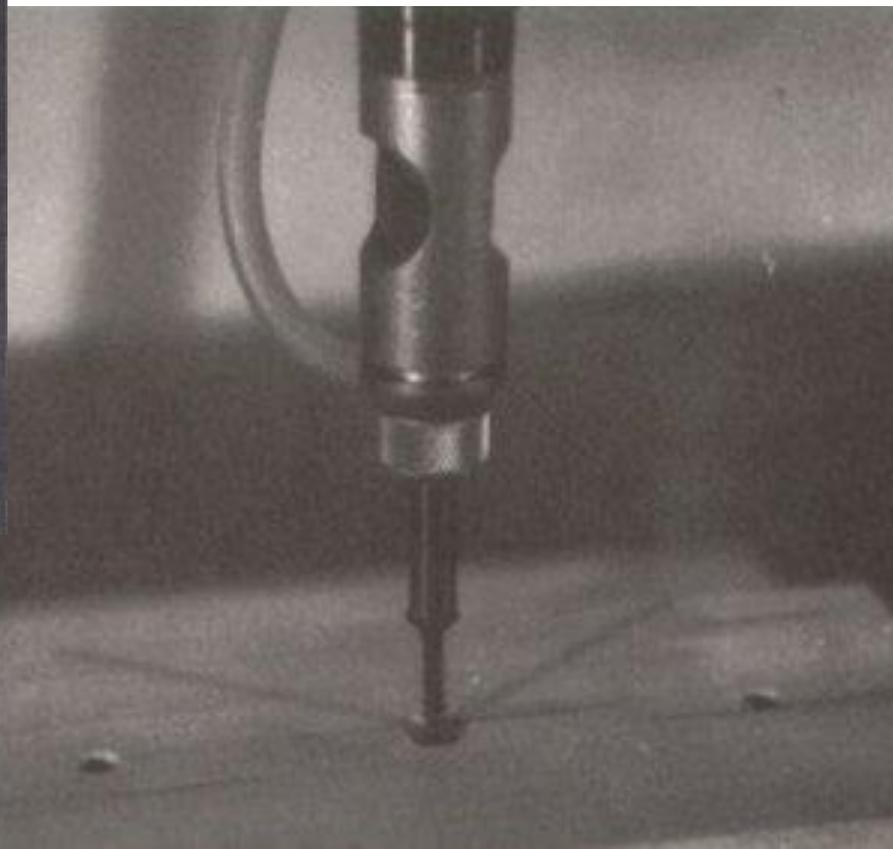
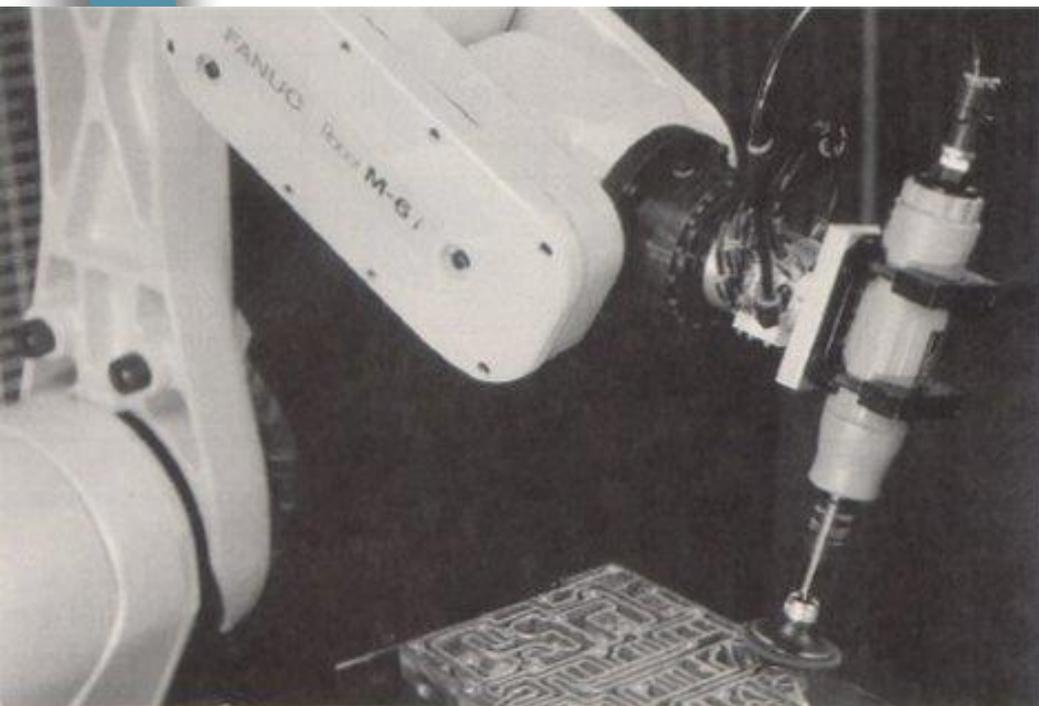
A photograph of a waterjet cutting machine in operation. The machine is a large industrial device with a complex structure of metal beams and hoses. A cutting head is positioned above a large, curved metal part that is being cut. The cutting head is connected to a network of hoses and a control system. The machine is set in a factory environment with various components and structures visible in the background. The text "CUTTING Waterjet" is overlaid on the image in a blue, bold, sans-serif font. The word "CUTTING" is in a larger font size than "Waterjet".

CUTTING
Waterjet

A close-up photograph of an industrial robotic arm performing plasma cutting on a metal plate. The arm is white and black, with a yellow safety light. The cutting torch is positioned over the metal, and a bright light is visible at the point of contact. The background is dark and industrial.

CUTTING
Plasma

Limar e parafusar



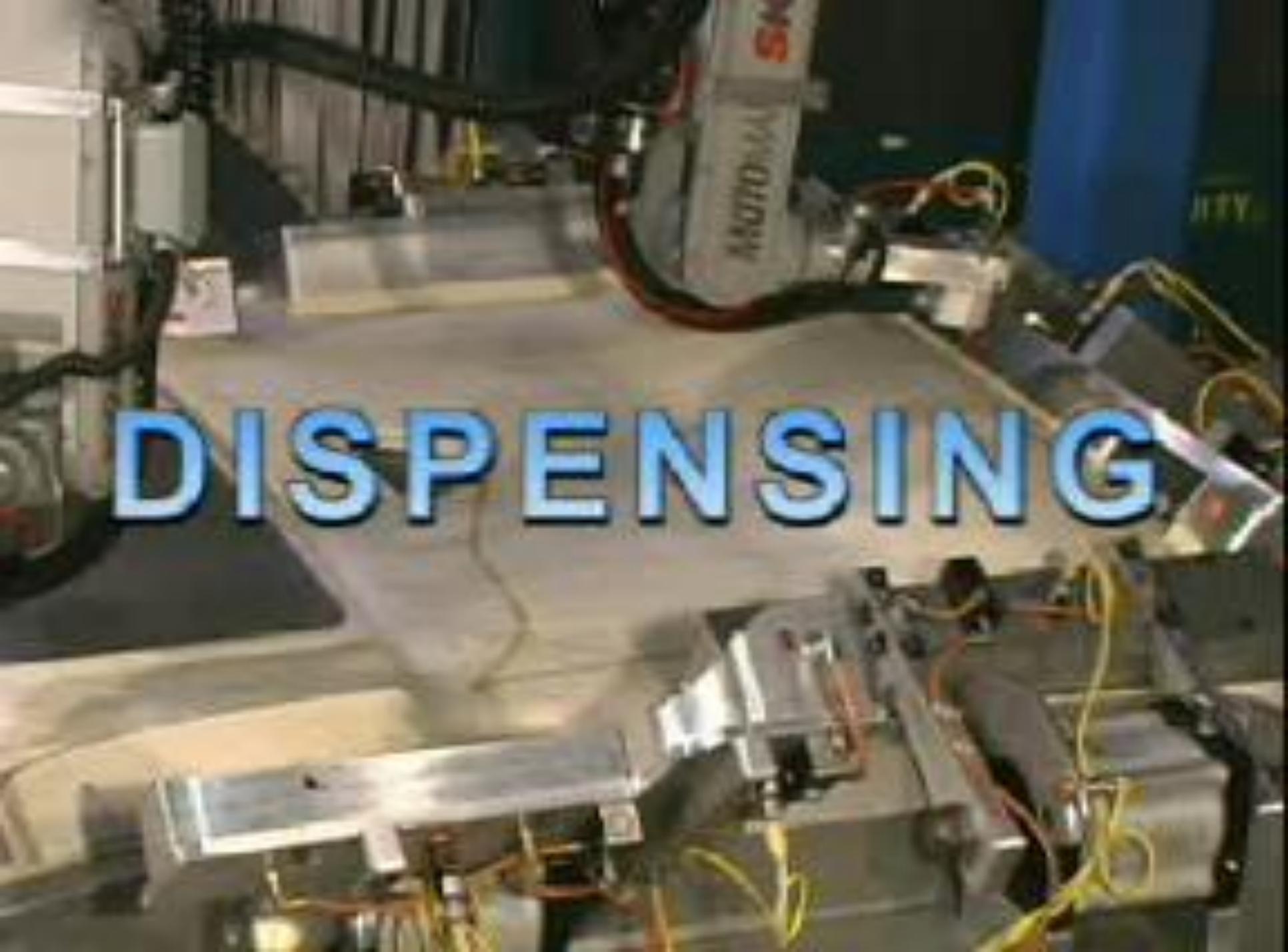
An industrial grinding machine with a robotic arm. The machine is grey and has a large, light-colored grinding wheel. A robotic arm is positioned above the wheel, holding a metal part. The background shows a factory setting with various equipment and a person in a red shirt. The word "GRINDING" is overlaid in large, blue, 3D-style letters.

GRINDING

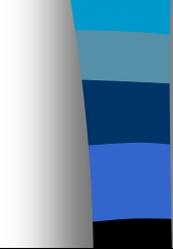


Outras Ferramentas

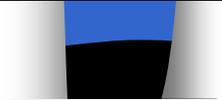
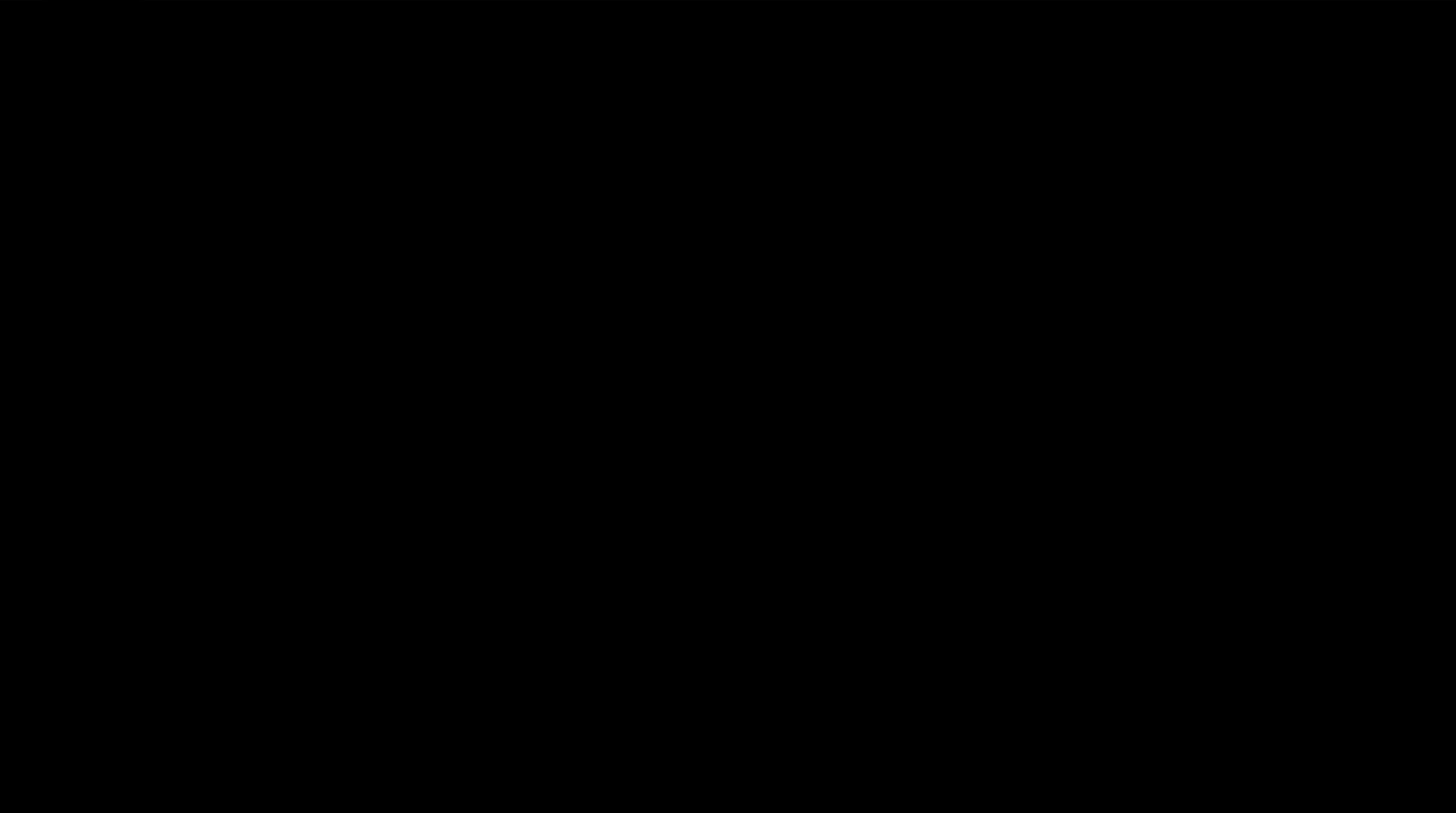
- Dispensar
- Suporte para câmeras (qualidade)
- Montagens
- Pintura
- ...

A photograph of an industrial dispensing machine. A robotic arm with 'MOTOMAN' and 'SNC' branding is positioned above a large, light-colored cylindrical component. The machine is surrounded by various mechanical parts, pipes, and yellow safety cables. The word 'DISPENSING' is overlaid in large, blue, 3D-style letters across the center of the image.

DISPENSING



Inspeção



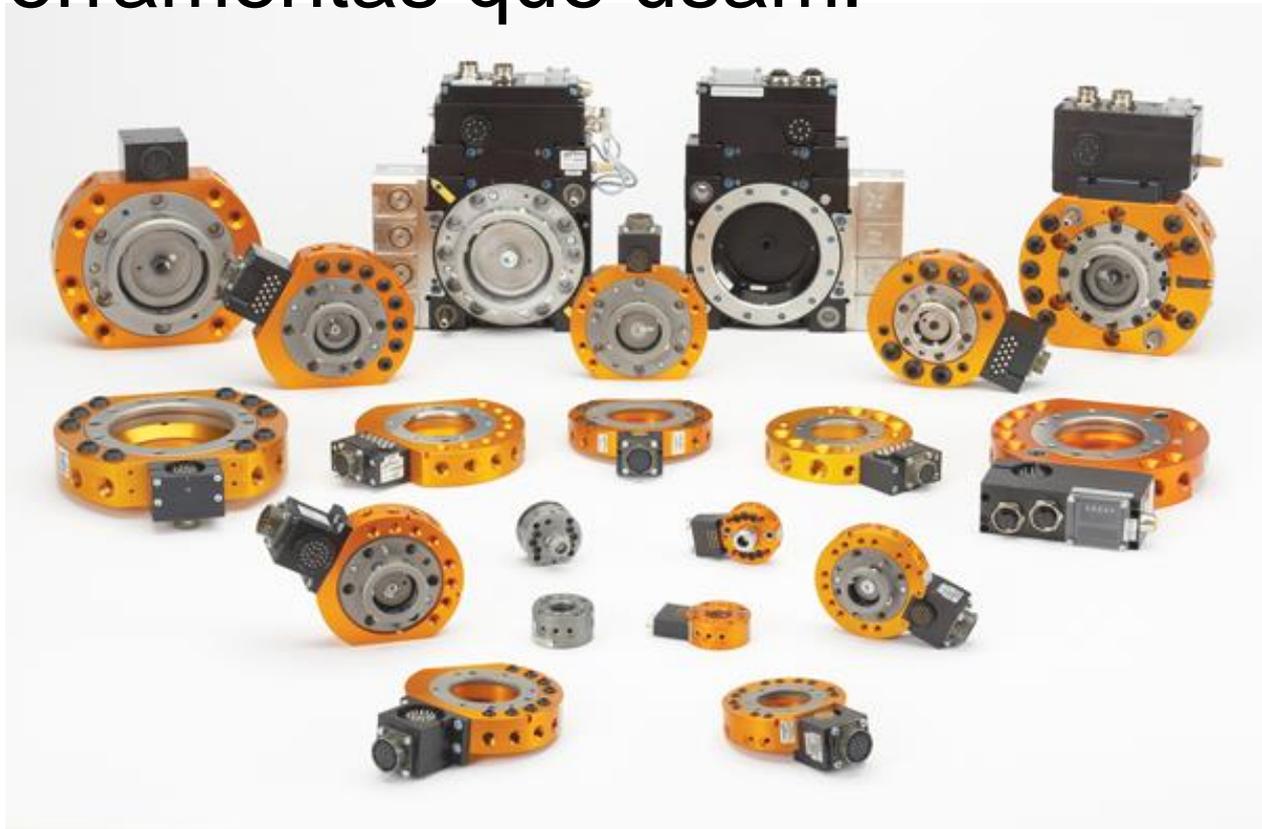
A close-up view of an industrial robotic assembly line. A large, grey, multi-jointed robotic arm is positioned over a complex metal assembly. The assembly consists of various metal parts, including a large cylindrical component and several smaller brackets and plates. The background shows the industrial environment with various metal structures and components. The word "ASSEMBLY" is overlaid in large, blue, 3D-style letters across the center of the image.

ASSEMBLY



Trocas de Ferramentas

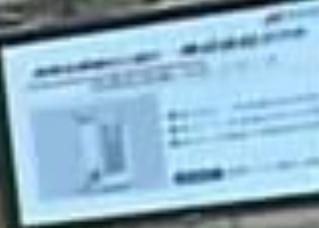
- Manipuladores podem trocar as ferramentas que usam.





Yushin

artificial intelligence



ACE-100

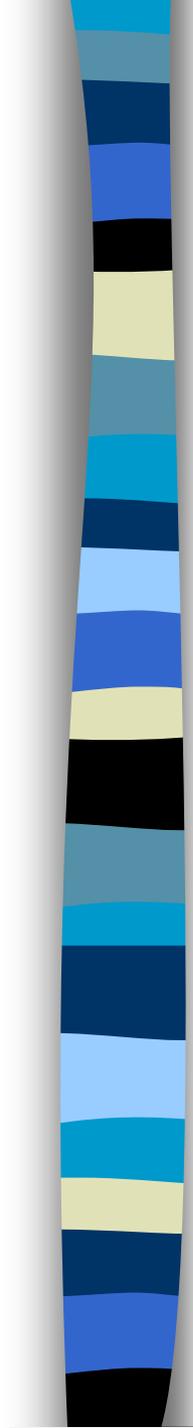
SPT



E-100

Complacência





Complacência

- É desejável que um robô tenha a capacidade de tolerar pequenos erros de alinhamento entre peças que devem ser encaixadas.
- Elementos podem ser inseridos entre o manipulador e o atuador para permitir pequenos ajustes mecânicos, automáticos.
- Sensores de toque-força podem ser usados para controlar o manipulador e evitar esse problema.
- Pode ser ativa ou passiva.

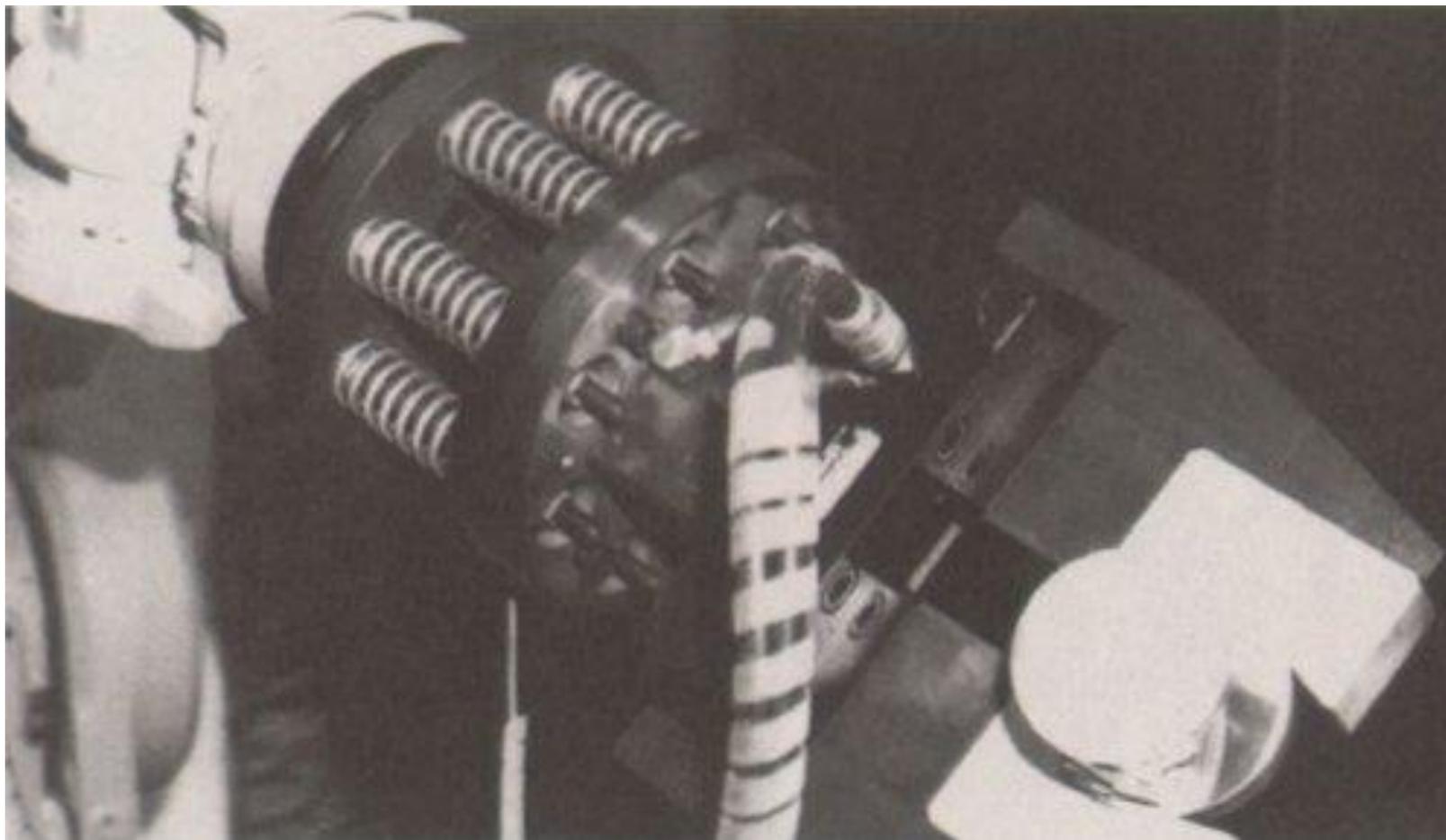
Overload Protection

Dispositivos
para a proteção
do manipulador



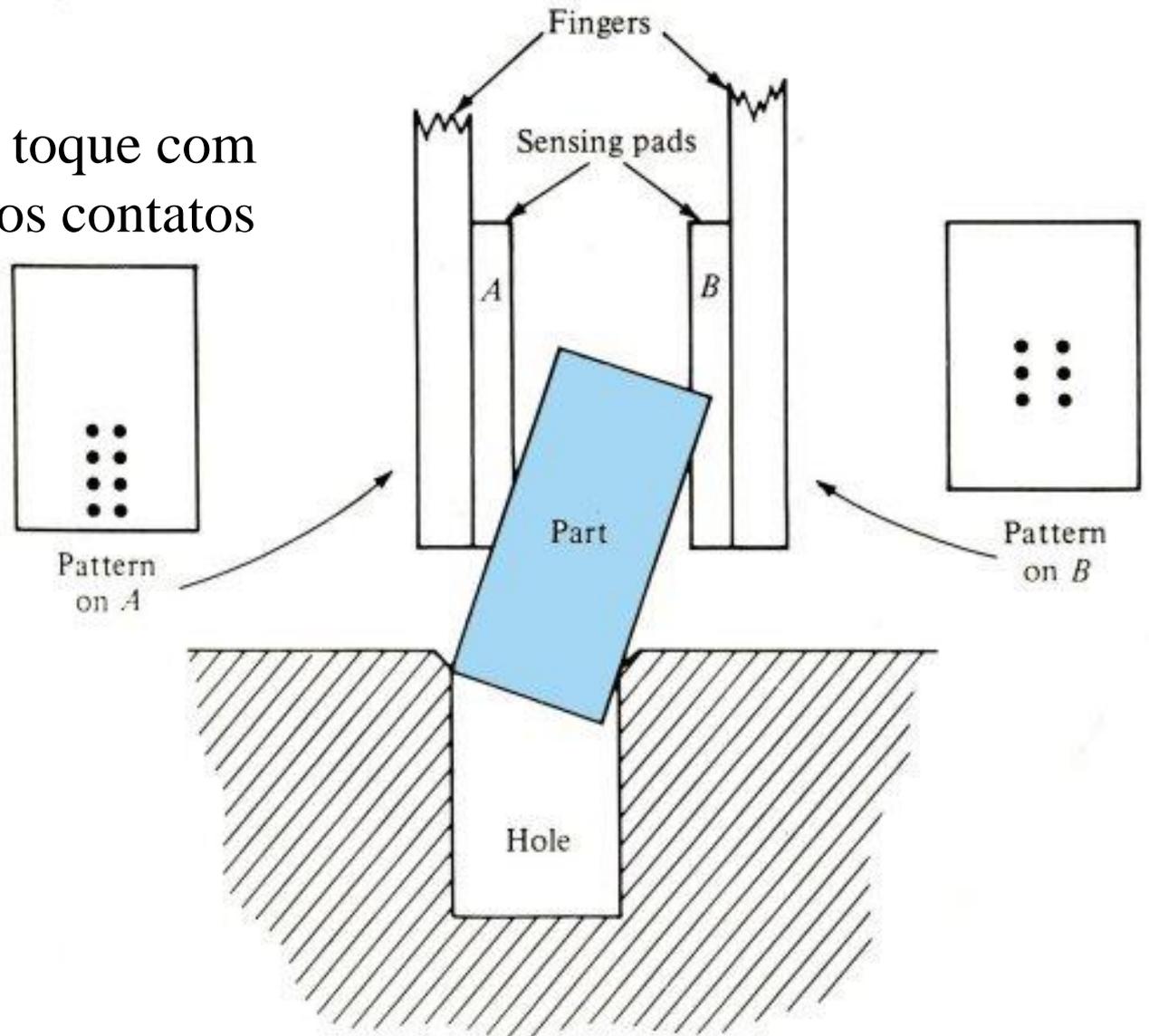
Usados para proteger
o manipulador quando
ocorrem colisões.

Complacência Passiva

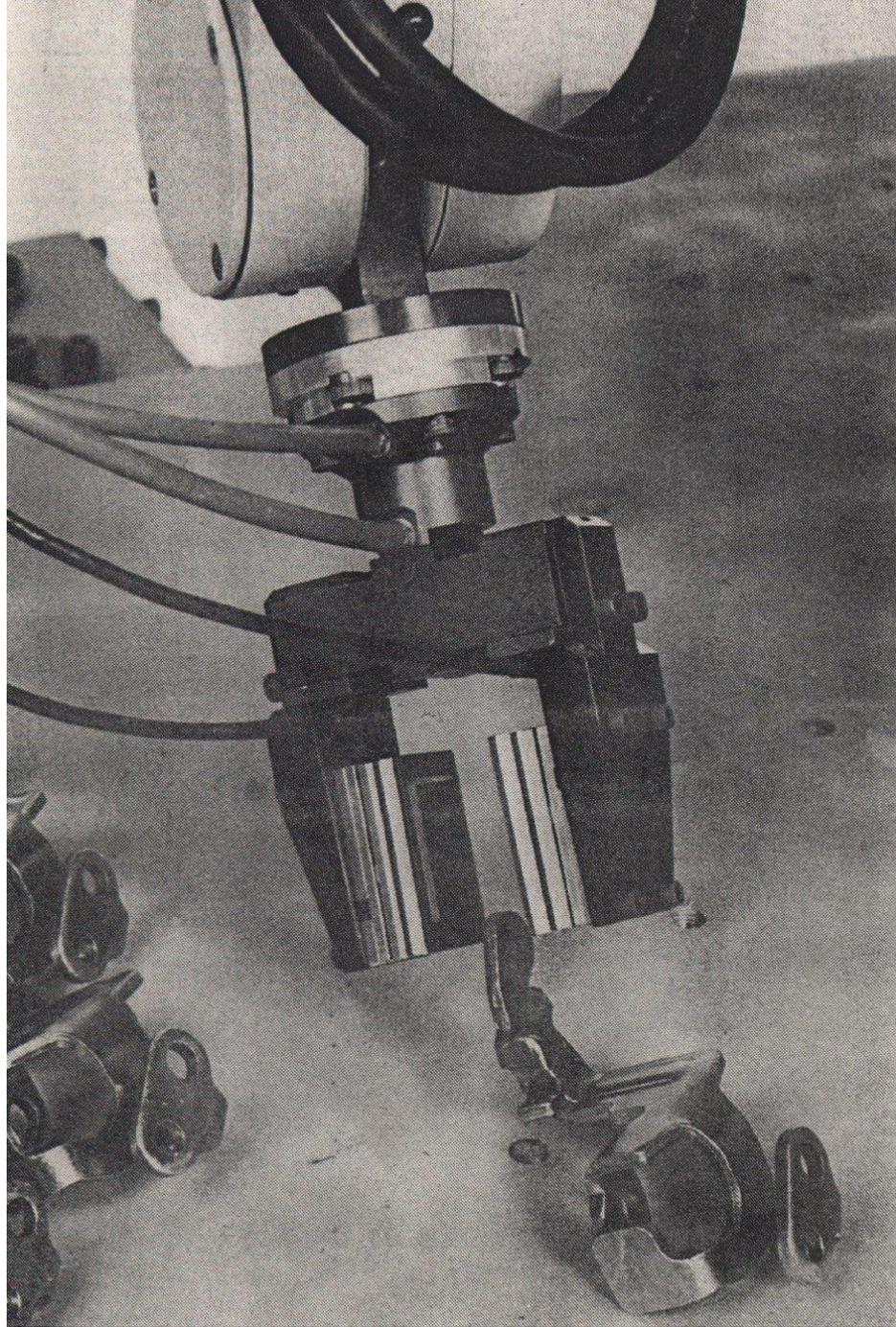


Complacência Ativa

Sensor de toque com múltiplos contatos



Complacência Ativa



Sensores anti-colisão



http://www.ati-ia.com/products/collision_sensor/robot_collision_sensor.aspx



Final da parte A

Faltam só mais 30 minutos...