

# [7] – Processos Discretos

---



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## PRO3252

# Automação e Controle

**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**

**Mauro de Mesquita Spinola**

**EPUSP-PRO**

# As perguntas de hoje:

---

- O que é um processo discreto? Quais suas características?
- Como se modelam processos discretos?
- Quais as tecnologias utilizadas para automação de sistemas discretos?



# O que é um processo discreto

<https://www.youtube.com/watch?v=SMeaqEv-Q0c>



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Sumário

- ❑ **Processos Discretos**
- ❑ **Características de um Processo Discreto**
- ❑ **Classificação das operações na manufatura**
- ❑ **Representação dos processos discretos**
- ❑ **Equipamentos para automação discreta**
- ❑ **Transdutores para processos discretos**



EPUSP

# Motivação



EPUSP

- ❑ Mercedes

- ❑ Jac Motors

<http://www.youtube.com/watch?v=K3PeeWNUUsuE>

- ❑ Exemplo de um CLP para retirar parafusos de esteira

- ❑ [http://www.youtube.com/watch?v=NxjyK8a\\_-14](http://www.youtube.com/watch?v=NxjyK8a_-14)

- ❑

# Características de um Processo Discreto



## □ Tratamento de variáveis discretas

- O que é uma variável discreta?
- Citar exemplos

# Características de um Processo Discreto



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## □ Exemplos

- motor ligado ou desligado
- alarme ativado ou desativado
- tem energia ou acabou a energia
- tanque cheio ou vazio
- válvula aberta ou fechada
- fim de curso acionado ou não

# Representação dos processos discretos

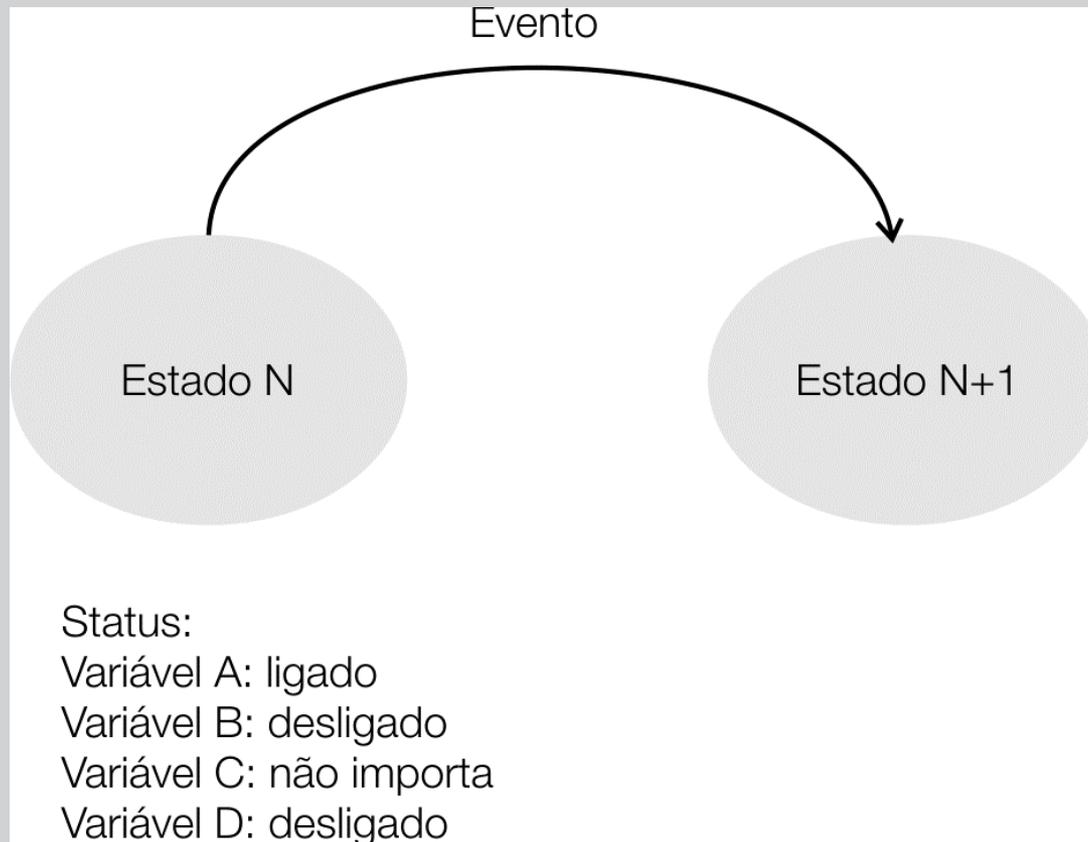
---

## Máquina de estados

- ❑ Existem diversas formas para representar a dinâmica de um sistema lógico
- ❑ A máquina de estados é uma dessas formas
- ❑ Mesmo a aqui apresentada também apresenta variações

# Representação dos processos discretos

## □ Máquina de estados



# Máquina de estados

## Exemplo da caixa d'água

- ❑ Se o nível é inferior a  $N1$  a vazão de bombeamento comandada é  $V1$ .
- ❑ Entre os níveis  $N1$  e  $N2$  ( $N2 > N1$ ), a vazão é  $V2$  ( $V2 < V1$ ).
- ❑ Se o nível é superior a  $N2$ , o bombeamento é desligado.

# Máquina de estados

## Exemplo da caixa d'água

### □ As entradas são:

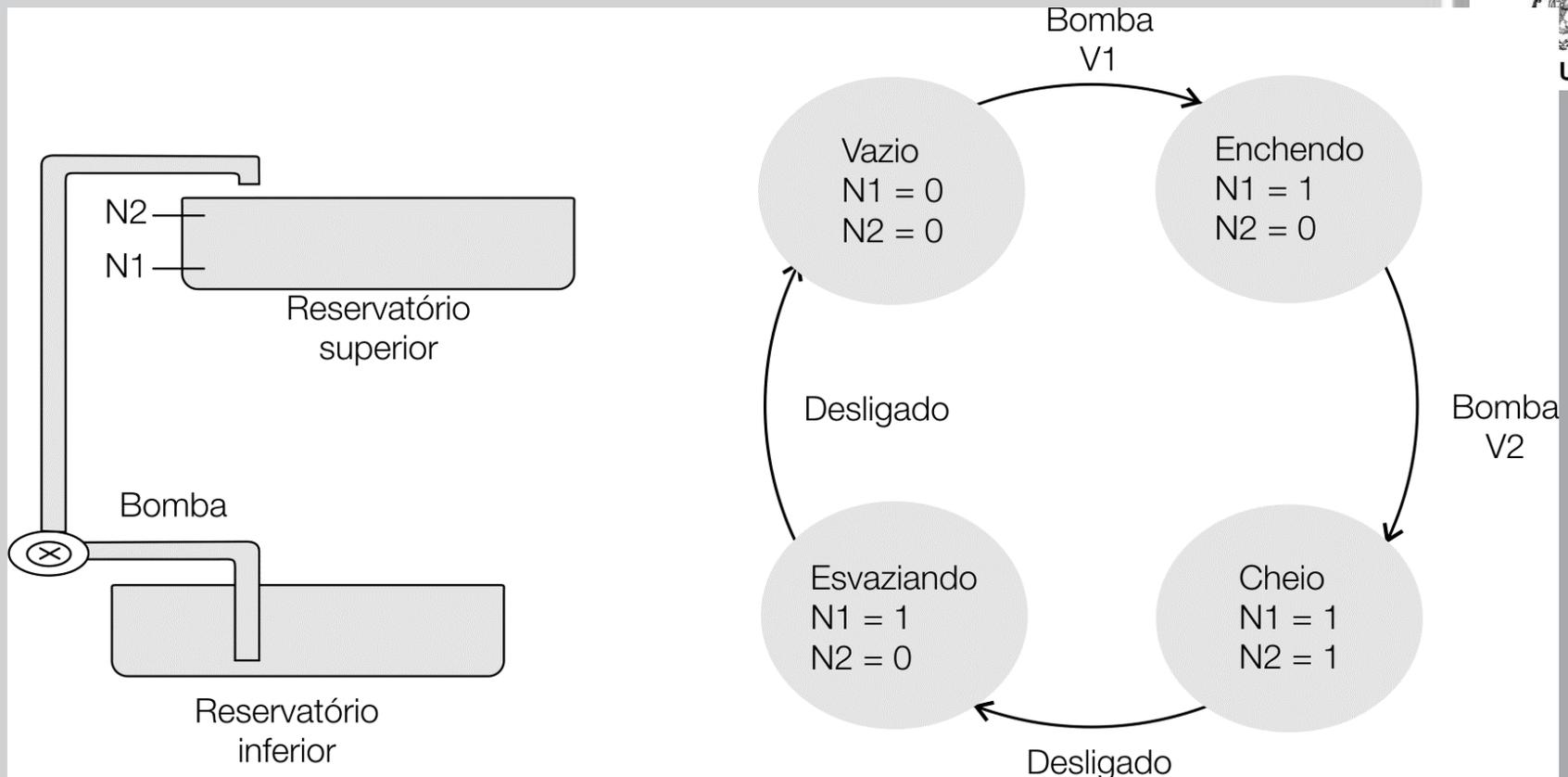
- N1 – nível baixo da caixa superior
- N2 – nível alto da caixa superior

### □ As saídas são:

- Bomba desligada ou ligada com V1 ou V2.

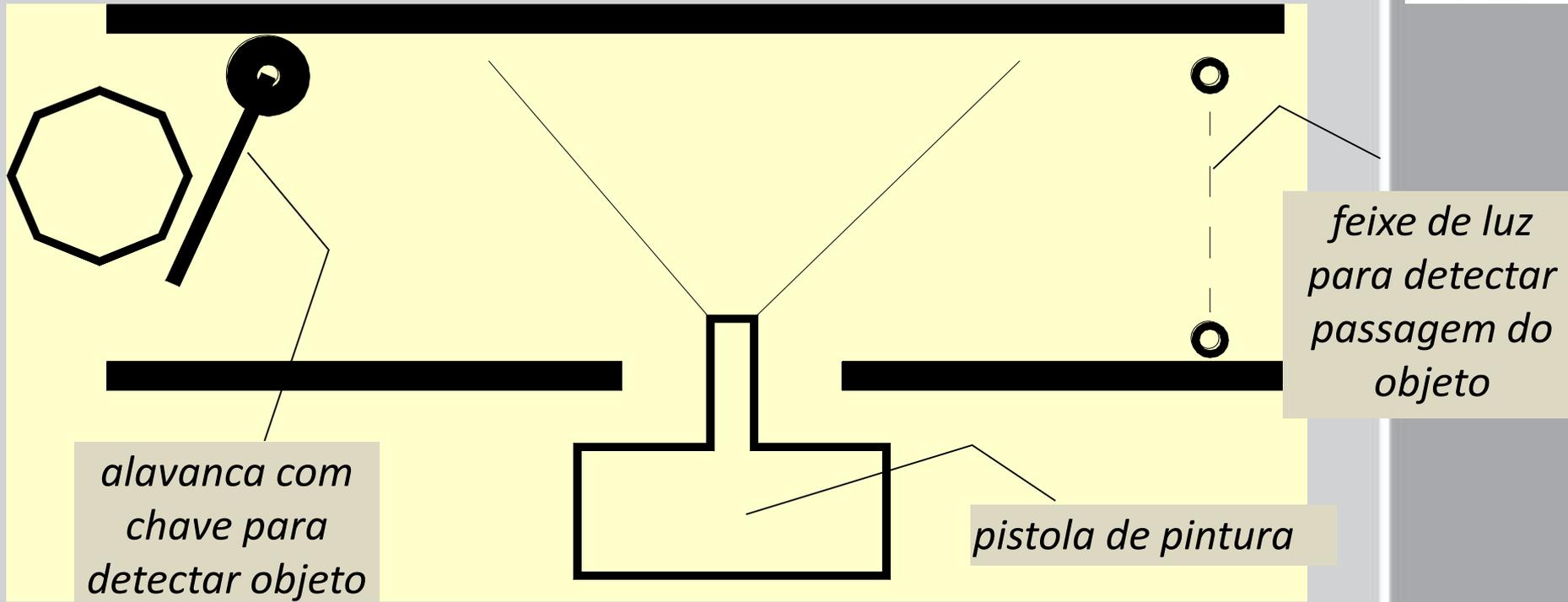
# Máquina de estados

## Exemplo da caixa d'água



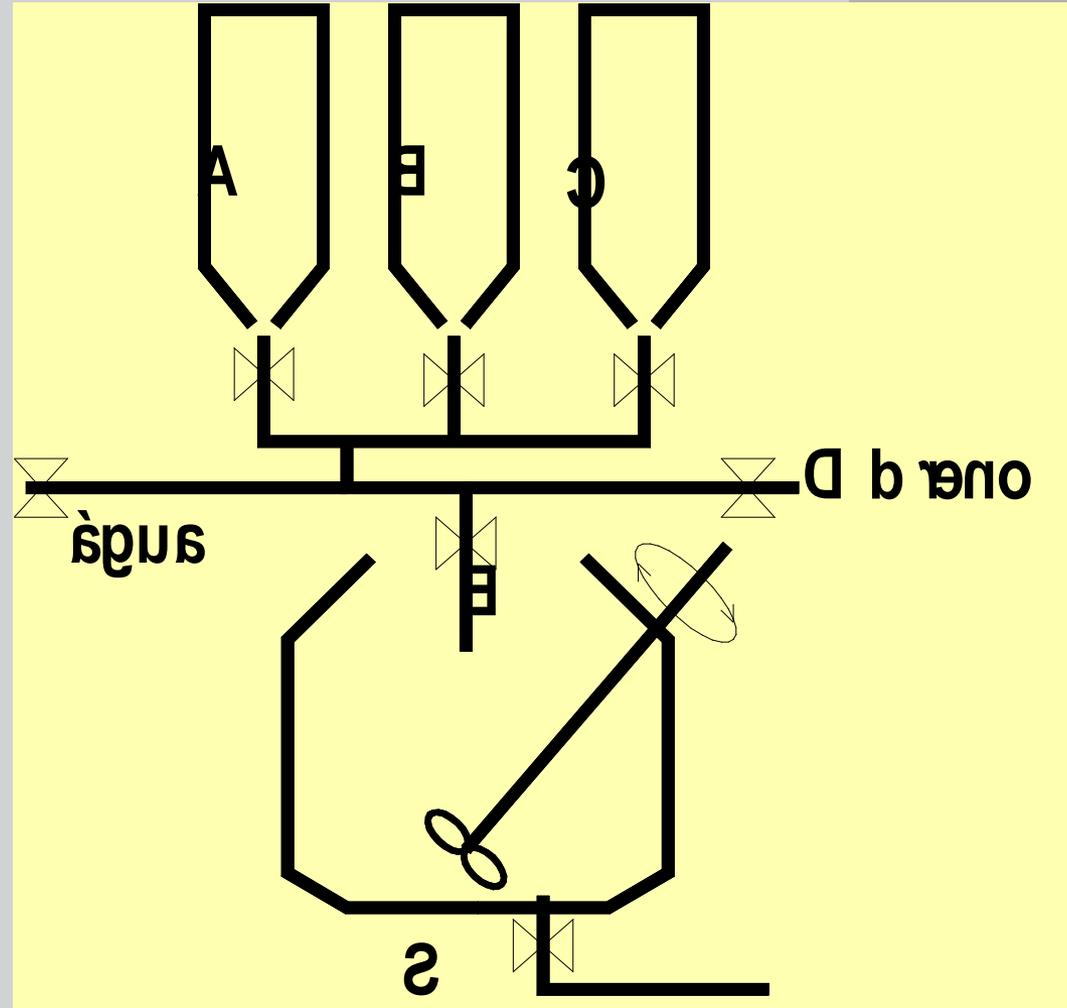
# Exemplos de Processos Discretos

## ❑ Sistema de controle de pintura



# Exemplos de Processos Discretos

## □ Processo batelada



# Máquina de Estados

- ❑ **Identificar variáveis de entrada e de saída**
  - Fazer um retângulo representado isso
- ❑ **Desenhar os estados do sistema**
  - Cada elipse é um estado
  - Identificar o estado de cada variável
  - Evento - identificar o que faz sair do estado
- ❑ **Grupo 1 – caso A**
- ❑ **Grupo 2 – caso B**
- ❑ **Grupo 3 – caso C**
- ❑ **Grupo 4 – caso D**

# Processo batelada



USP  
UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## □ Descrever a sequência do processo

- Válvula S (de saída) fechada.
- Abrir as válvulas água e E (até a quantidade necessária, medida na balança)
- Fechar água e aguardar canalização vazia (E aberto)
- Abrir a válvula A para pesar o material A
- Fechar E e A, abrir o dreno D, abrir a água para limpar
- Fechar a água e o dreno D.
- Repetir a operação para os materiais B e C.
- Agitar a mistura pelo tempo especificado.
- Descarregar a mistura abrindo a saída S.

# Para fechar o tema Diagrama de Estados



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



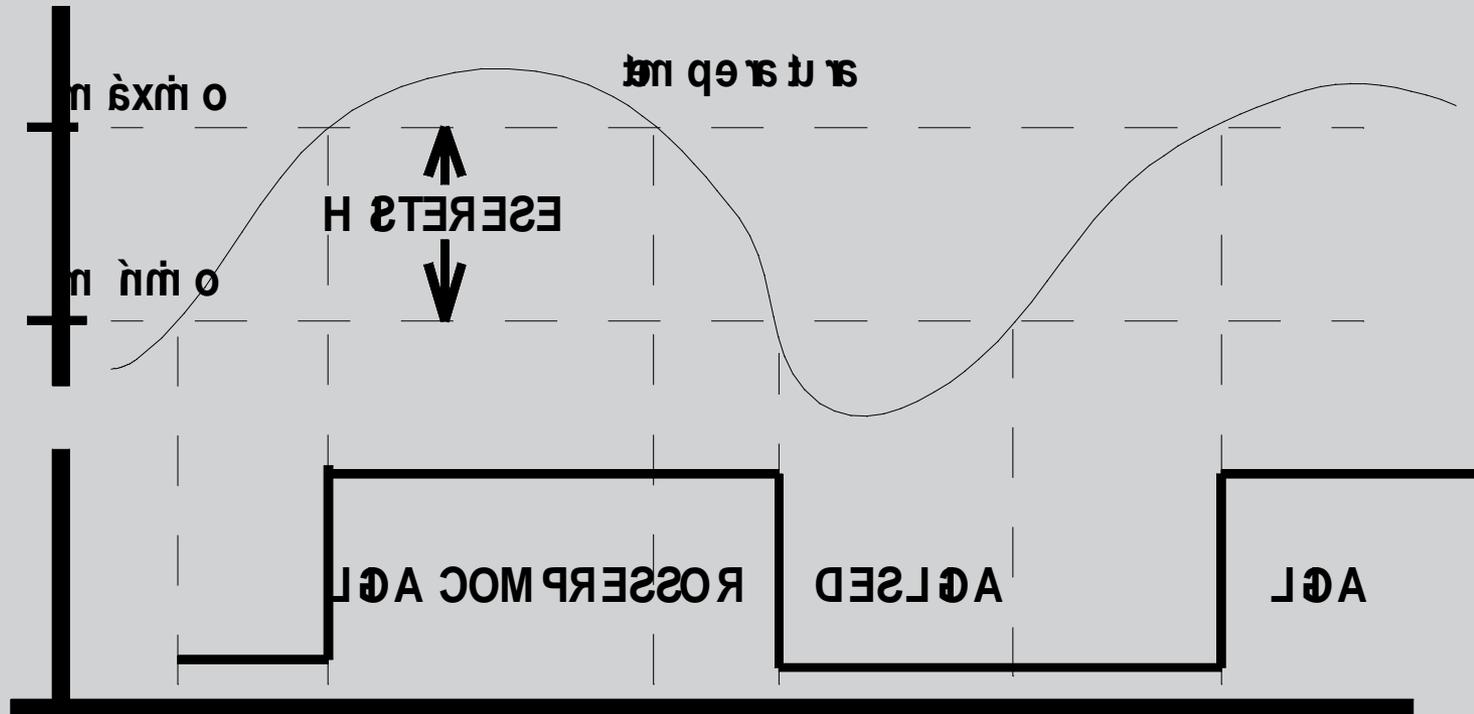
EPUSP

## □ Exercício 1

- Faça o diagrama de estados do seguinte processo...
  
- Controle do ar condicionado.

# Exemplos de Processos Discretos

## □ Controle discreto de grandezas contínuas



# Classificação das operações na manufatura

---

- Armazenagem e manipulação de materiais
- Máquinas-ferramenta
- Linhas de transferência para transporte de materiais
- Montagem do produto
- Controle da qualidade

# Representação dos processos discretos

## A Norma *IEC 61131-3*

- ❑ *Norma para controladores programáveis*
- ❑ *Admite diversas linguagens de programação*
- ❑ *Visa padronizar para integração de diversos fabricantes*

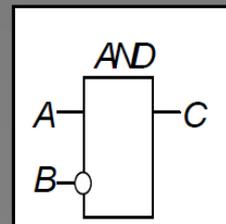
Instruction List (IL)

```
LD  A
ANDN B
ST  C
```

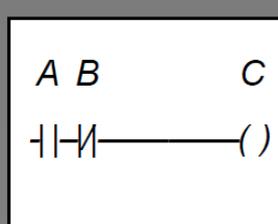
StructuredText (ST)

```
C:=A AND NOTB
```

Function Block Diagram (FBD)



Ladder Diagram (LD)



# Tecnologias para automação de sistemas discretos

- ❑ Quais as tecnologias utilizadas para automação de sistemas discretos?



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

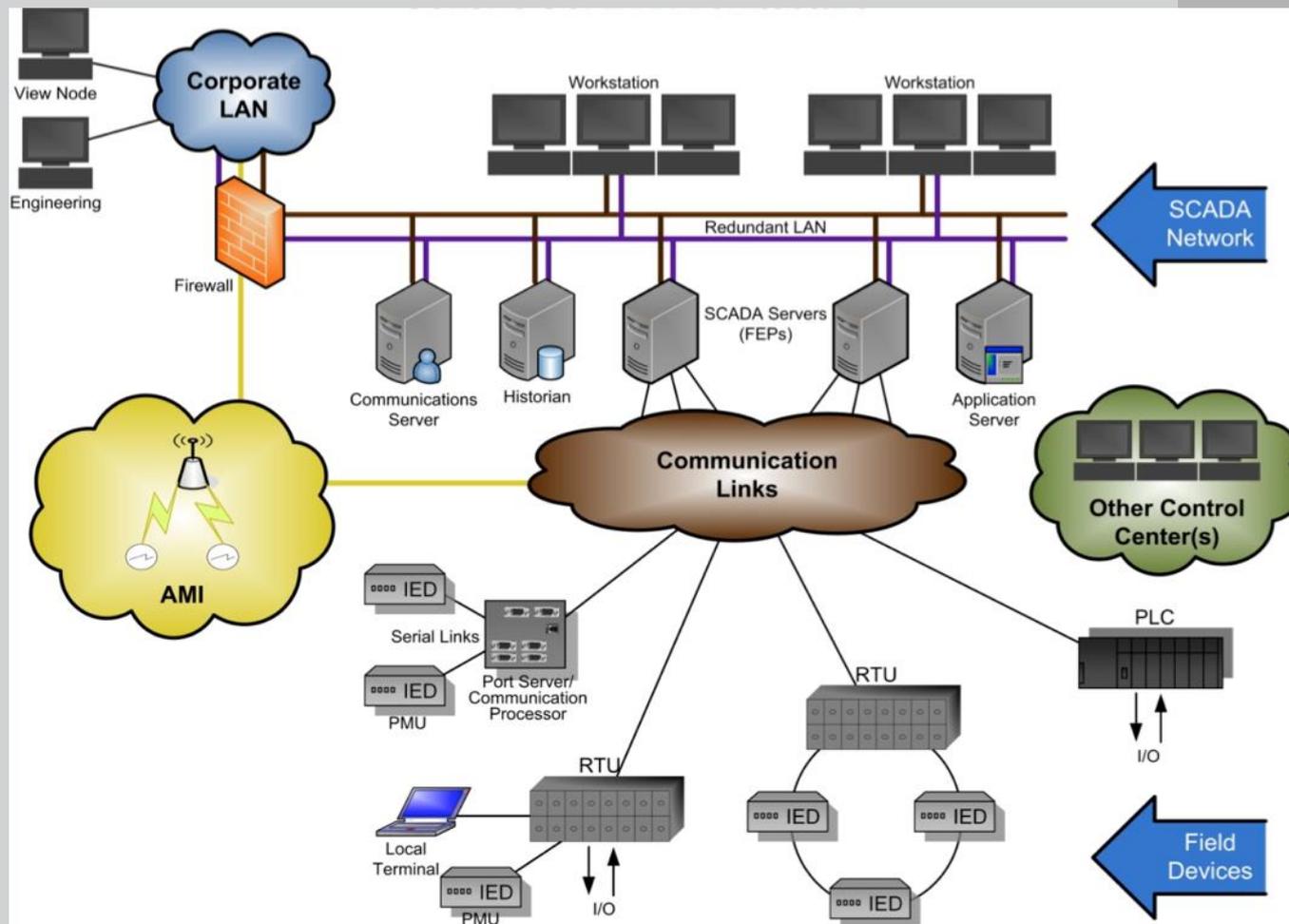
# Tecnologias para automação de sistemas discretos

- ❑ Arquitetura
- ❑ Equipamentos dedicados x flexíveis
- ❑ PLC (CLP – Controlador Lógico Programável)
- ❑ CNC – Controle Numérico por Computador
- ❑ Robô
- ❑ AGV - Veículo Guiado Automaticamente
- ❑ Transdutores
  - Sensores e identificadores
  - Atuadores



EPUSP

# Arquitetura para automação



# Equipamentos dedicados x flexíveis

- ❑ Para sistemas de automação exclusivos onde há projetos dedicados, normalmente são utilizados controladores programáveis
- ❑ Quando há um certo volume de fabricação do sistema, às vezes é vantagem o desenvolvimento de um projeto específico de controle



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# PLC (CLP – Controlador Lógico Programável)

- ❑ Equipamento utilizado para realizar o controle de processos discretos, admitindo também algumas variáveis contínuas.
- ❑ Substituíram os painéis de relés



# Norma para PLC

## A Norma *IEC 61131-3*

- ❑ *Norma para controladores programáveis*
- ❑ *Admite diversas linguagens de programação*
- ❑ *Visa padronizar para integração de diversos fabricantes*



EPUSP

# CNC – Controle Numérico por Computador

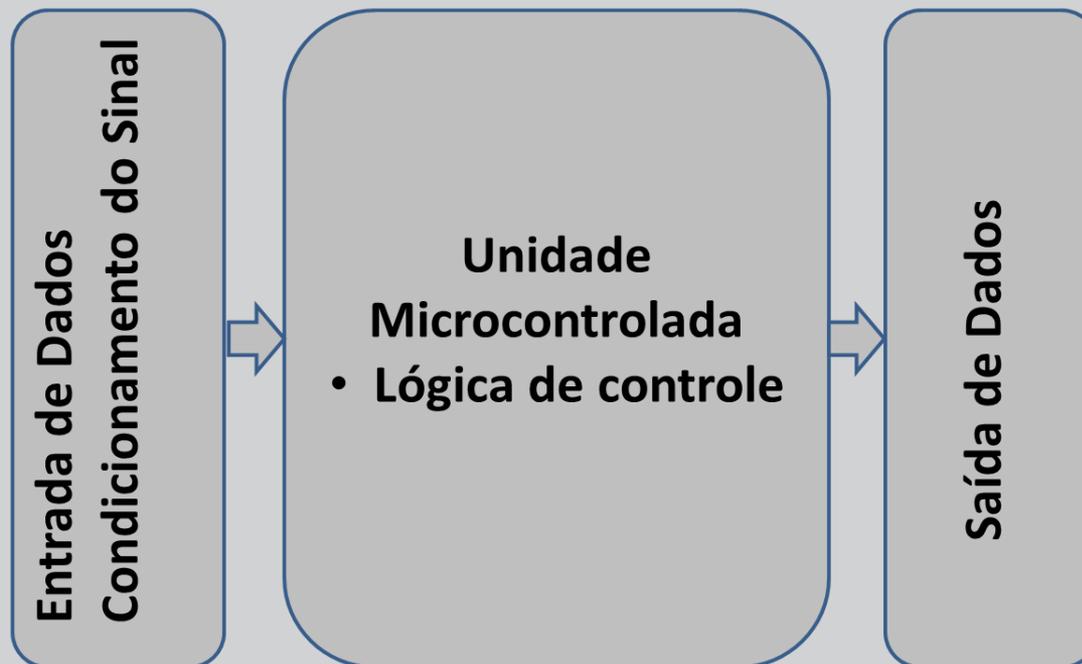
- ❑ Equipamentos eletrônicos microcontrolados que implementam a lógica de funcionamento dos processos discretos.



**Video aplicação CNC**

# Controladores Programáveis

## □ Arquitetura de computador

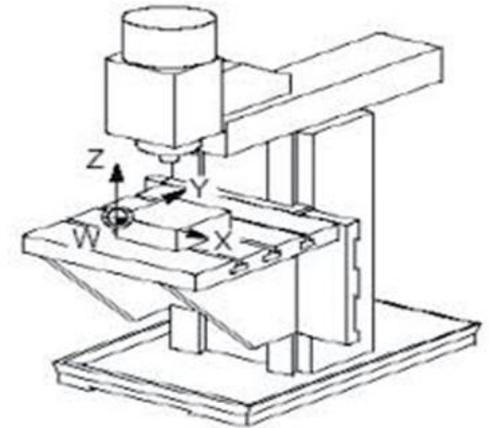


# CNC

## □ Controle específico de máquinas-ferramenta

Programa

Unidade de Controle da Máquina  
MCU – Machine Control Unit



Máquina-ferramenta

# CNC – Controle Numérico por Computador

- ❑ **Entrada de dados: recebe as informações do processo e envia para a unidade controladora.**
  - [Pequenos] 5-20 entradas
  - [Grandes] Centenas de entradas
  
- ❑ **Saída de dados: envia as informações para o equipamento controlado**
  
- ❑ **Unidade microcontroladora: armazena e processa os programas.**



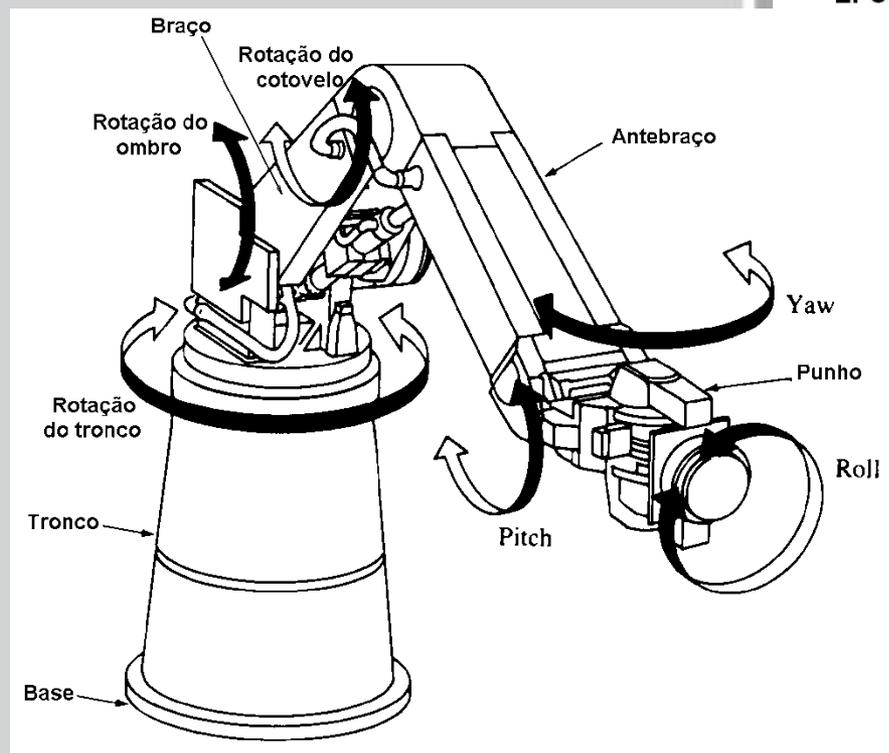
UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Robô

- ❑ Máquina manipuladora com **vários graus de liberdade**, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial.



# Robô

## □ Aplicações (Video ABB)

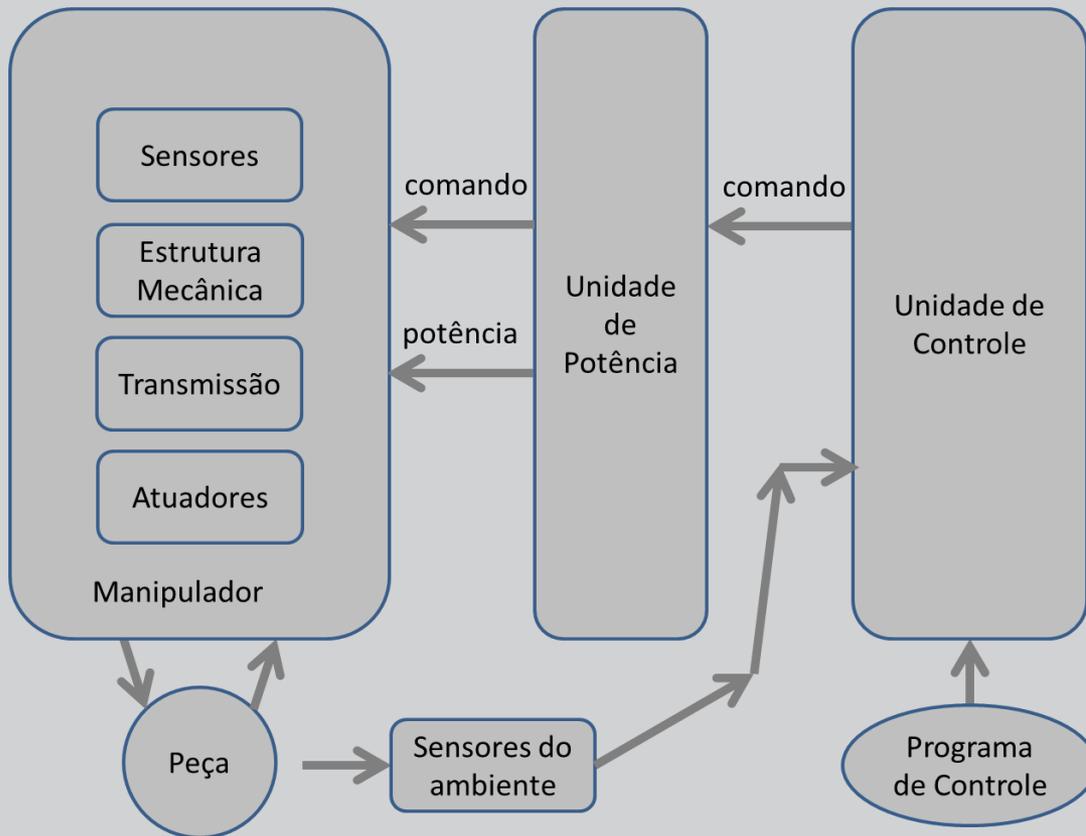
- 1. Solda a arco
- 2. Solda de ponto
- 3. Transporte e manuseio de materiais
- 4. Interação
- 5. Pintura
- 6. *Picking*, embalagem e paletização
- 7. Montagem
- 8. Corte, afiação, trituração e polimento mecânicos
- 9. Colagem, vedação adesiva e pulverização
- 10. Outros processos (inspeção, corte por água, solda de contato)



**ABB Video  
aplicações robôs**

# Robôs para manufatura

## □ Estrutura de um robô



# AGV – Veículo Guiado Automaticamente

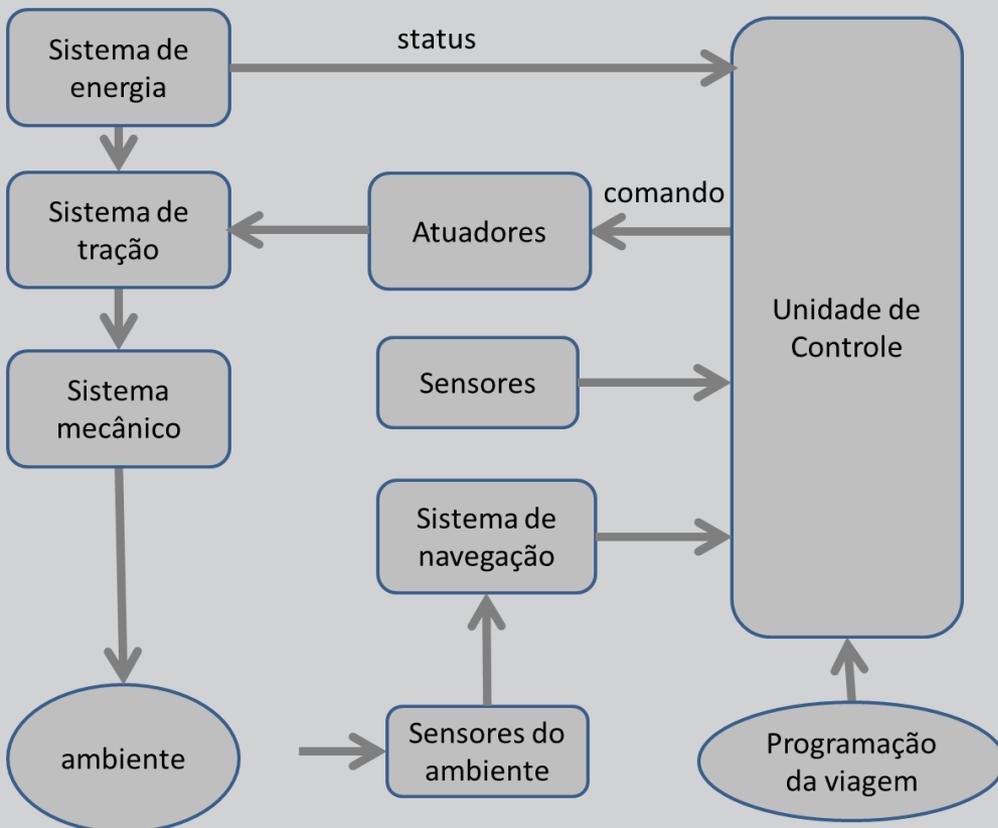
- ❑ Realizam as atividades de transporte de materiais entre células de trabalho e entre departamentos da fábrica



Video  
Aplicação  
AGV

# Veículos automatizados

## □ AGV - transelevador



# Transdutores para processos discretos

## □ Sensores

- Sensores
- Identificadores

## □ Atuadores

- Elétricos
- Hidráulicos
- Pneumáticos

# Sensores

- Sensor mecânico
- Sensor capacitivo
- Sensor indutivo
- Sensor fotoelétrico
- Sensor ultrassônico



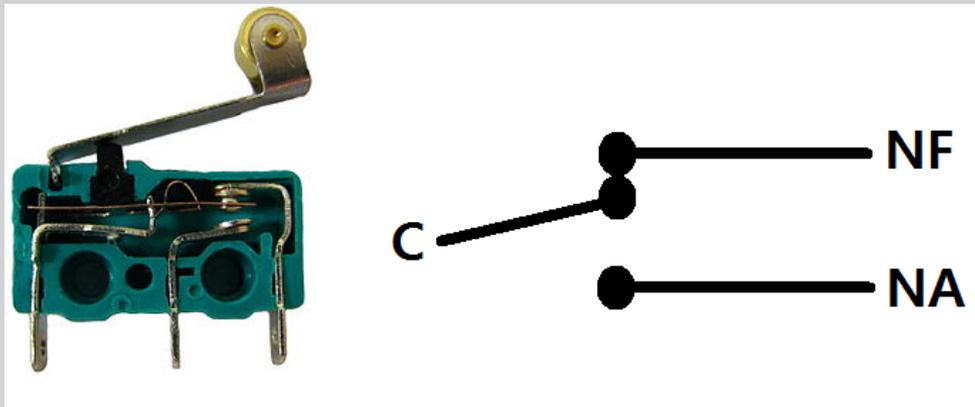
USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Sensor mecânico



# Sensor indutivo

- ❑ **Geração de campo magnético que varia quando há a aproximação de um objeto**
- ❑ **Vantagem de não precisar de contato com o objeto**



USP

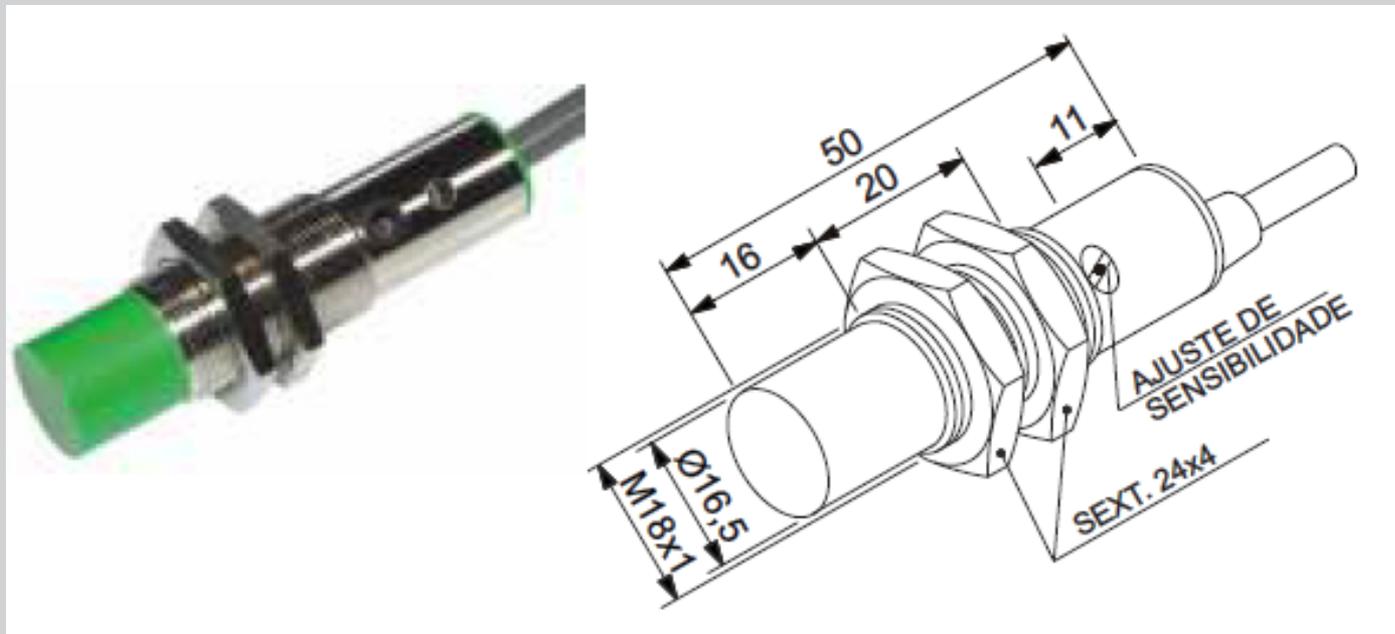
UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

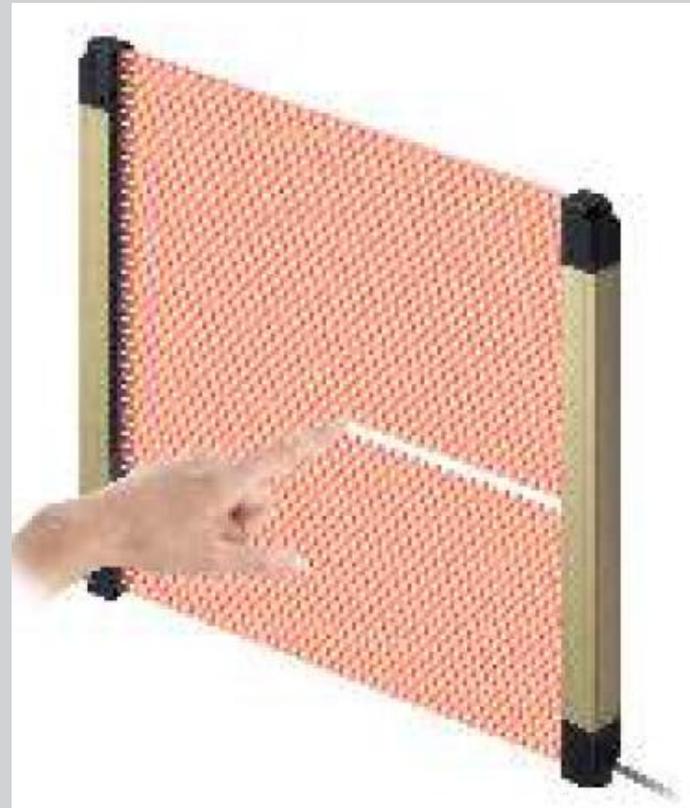
# Sensor capacitivo

- ❑ Similar ao indutivo com o uso de campo elétrico



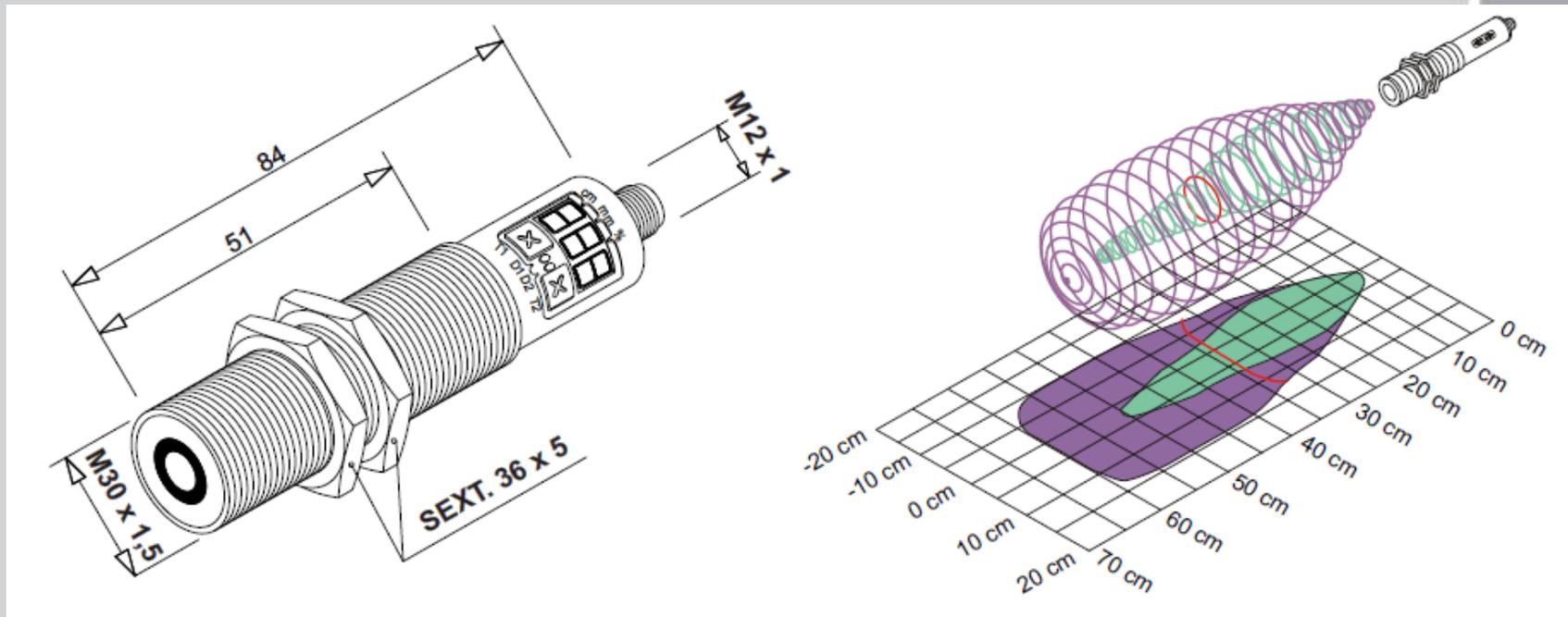
# Sensor fotoelétrico

- ❑ Sensor tradicional
- ❑ Barreira de luz



# Sensor ultrassônico

- Baseia-se na geração de ondas sonoras ultrassônicas



# Identificadores

- ❑ Técnicas para marcar materiais e acompanhar a produção ou uma operação
- ❑ AIDC – Automatic Identification and Data Capture



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Identificadores

- Óticos
- Eletromagnéticos
- Magnéticos
- Eletrônicos
- Identificadores por imagem



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Identificadores Óticos

- ❑ Código de barras
- ❑ Padrões EAN (europeu) e UPC (americano)



(a)



(b)



(c)

# Identificadores Óticos

- ❑ lineares (a)
- ❑ bidimensionais com barras (b)
- ❑ Bidimensionais matriciais (c)



(a)



(b)



(c)

# Identificadores Óticos

- ❑ Padrão EAN linear
- ❑ Padrão de 13 dígitos



país de origem			empresa					produtos				dígito verificador
			empresa					produtos				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

# Identificadores Eletromagnéticos

## □ RFID – *Radio Frequency Identification*

- *Chip com código de valor único por fabricação*
- *Caso do Sem Parar*
- *Uso disseminado para aplicações que permitem reuso*
- *Iniciativa para etiquetas descartáveis*
- *Diversas tecnologias: a mais nova não usa bateria*
  - *o próprio campo magnético alimenta o chip*

# Identificadores Magnéticos

- ❑ Caso do cartão de crédito
- ❑ Aplicação para acompanhamento da produção



UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Identificadores Eletrônicos

- ❑ Similares a cartão com chip
- ❑ Permitem armazenamento de dados



EPUSP

# Identificadores por imagem

- ❑ **Leitura de imagem com uso de técnicas de reconhecimento de caracteres (OCR)**
- ❑ **Dificuldade de uso em função de posicionamento e iluminação**



EPUSP

# Identificadores - seleção

- ❑ O identificador mais popular e barato é o código de barras



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Atuadores

- Elétricos
- Hidráulicos
- Pneumáticos



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Atuadores Elétricos

- Relés
- Contactores
- Solenoides
- Motores: CC, CA e de passo
- Inversores



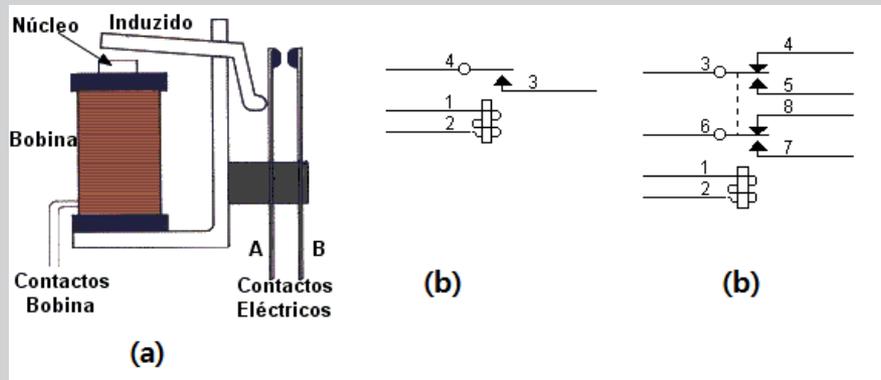
USP  
UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

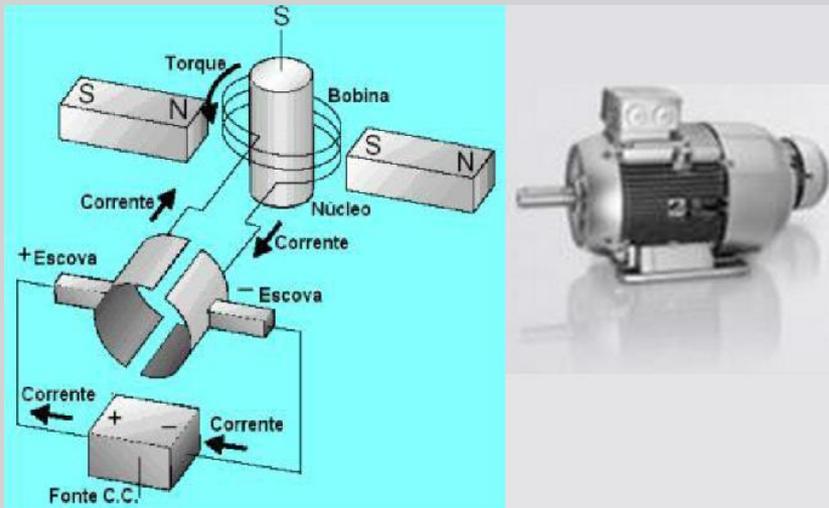
# Atuadores Elétricos

## □ Relés, Contactores e Solenoides



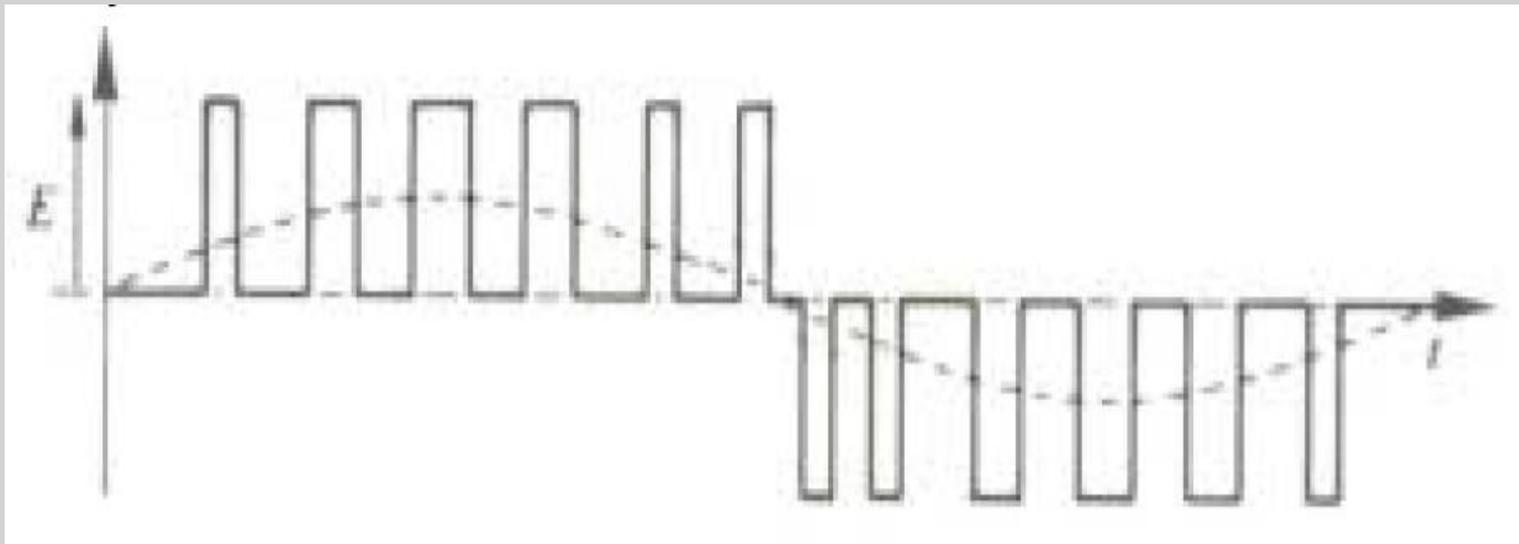
# Atuadores Elétricos

## □ Motores: CC, CA e de passo



# Atuadores Elétricos

- ❑ Inversores – revolucionaram o acionamento de dispositivos



# Atuadores Hidráulicos

- ❑ Convertem energia hidráulica em movimento mecânico



# Atuadores Pneumáticos

□ Operam com ar comprimido



# [7] – Processos Discretos

---



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## PRO3252 Automação e Controle

**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**  
**EPUSP-PRO**