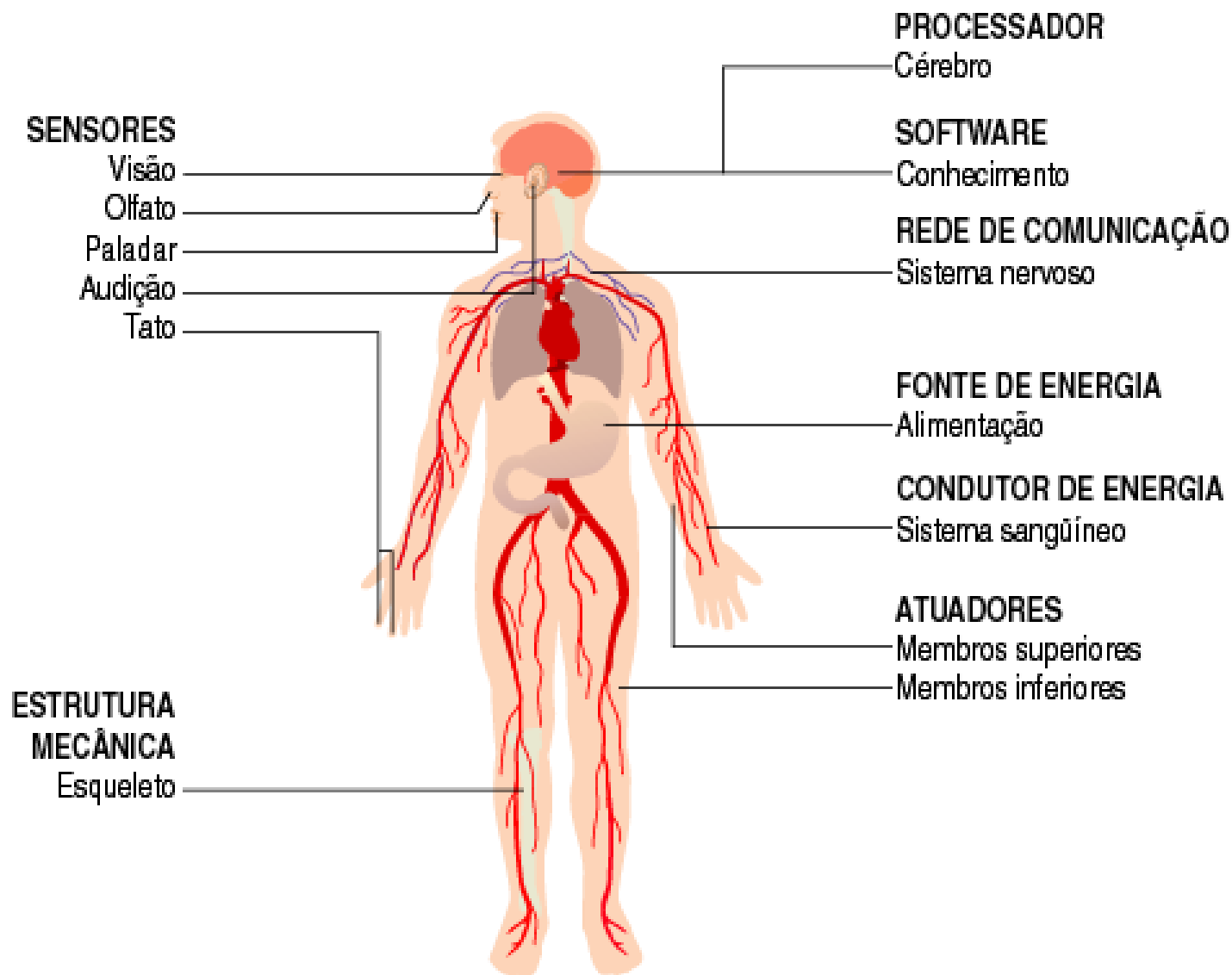


## LEB 5030 – Instrumentação e Automação para Sistemas Agrícolas

### Sensores e atuadores



**Prof. Dr. Rubens Tabile**  
tabile@usp.br  
FZEA - USP



## SISTEMA BIOLÓGICO

Cérebro

Conhecimento

Órgãos dos sentidos

Membros inferiores e superiores

Sistema nervoso central

Alimentação

Sistema sangüíneo

Esqueleto

## SISTEMA MECATRÔNICO

Computador, CLP (controlador lógico programável)

Software e base de dados

Sensores

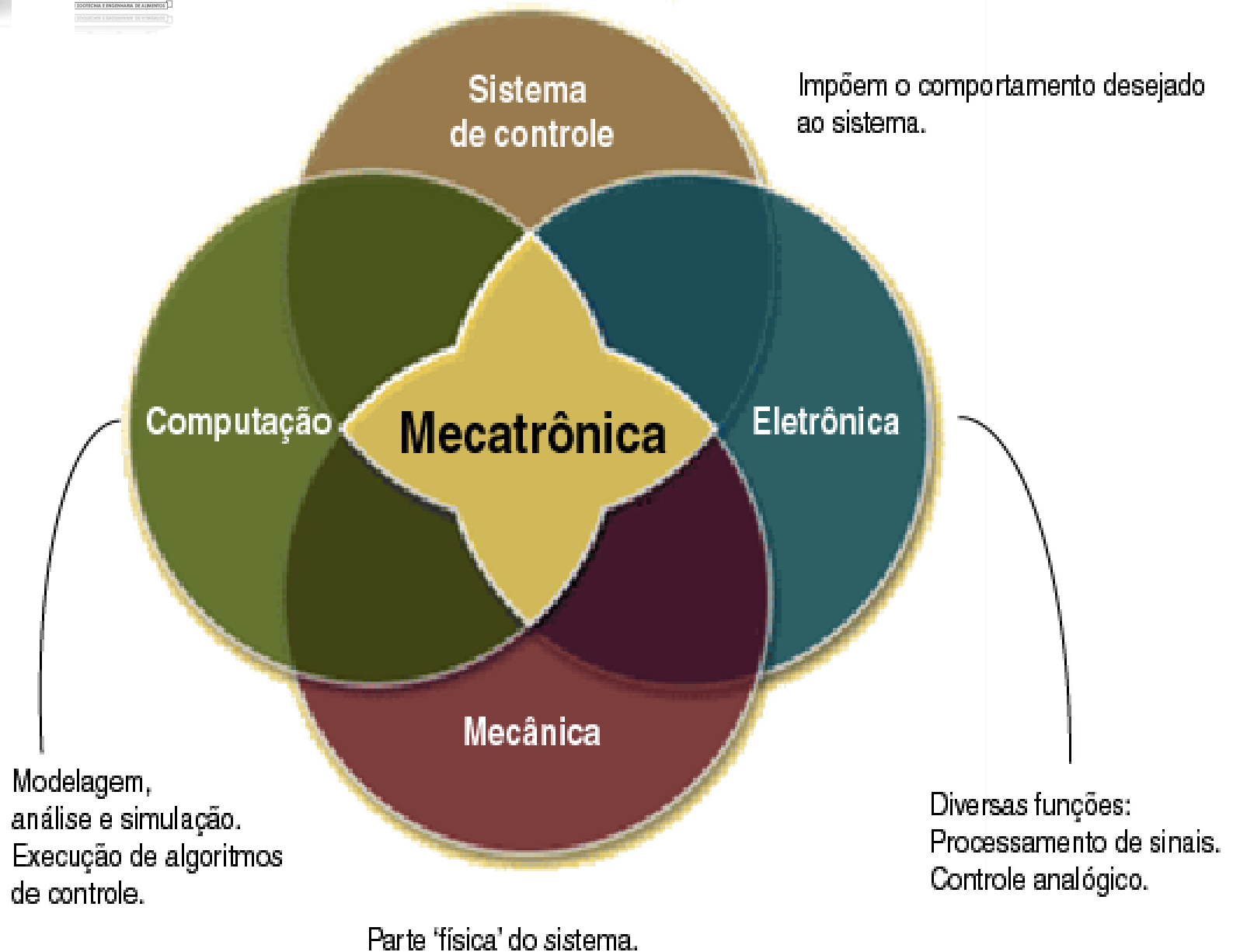
Atuadores, cilindros, garras

Rede de comunicação,  
transmissão de dados

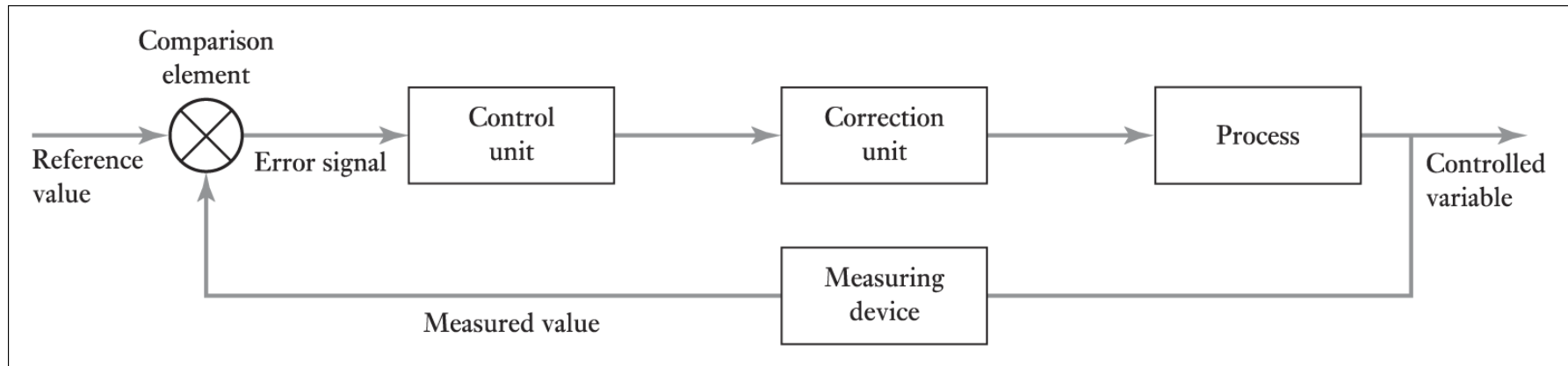
Energia do sistema, ar, eletricidade, óleo

Condutores de energia, tubos,  
cabramento estruturado

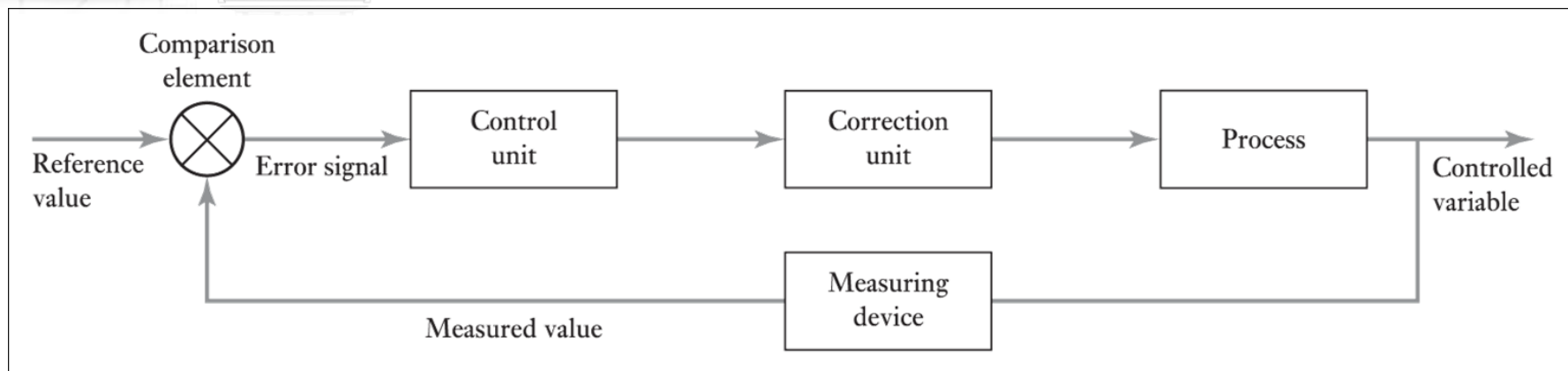
Estrutura mecânica







Em um sistema de controle, basicamente, temos uma variável que precisa assumir um valor desejado (setpoint) em função da alteração de um mecanismo do sistema. A forma com que se chega a esse resultado é chamado de controle.



**Elemento de comparação** compara o valor desejado ou de referencia com o valor medido e produz um sinal de erro.

**Elemento de controle** decide qual ação tomar quando recebe um sinal de erro.

**Elemento de correção** produz uma alteração no processo para corrigir a condição controlada, geralmente se usa o termo atuador para esses elementos.

**Elemento de processo** é o que esta sendo controlado.

**Elemento de medição** produz um sinal relacionado com a variável do processo controlado



# SENSOR E ATUADOR



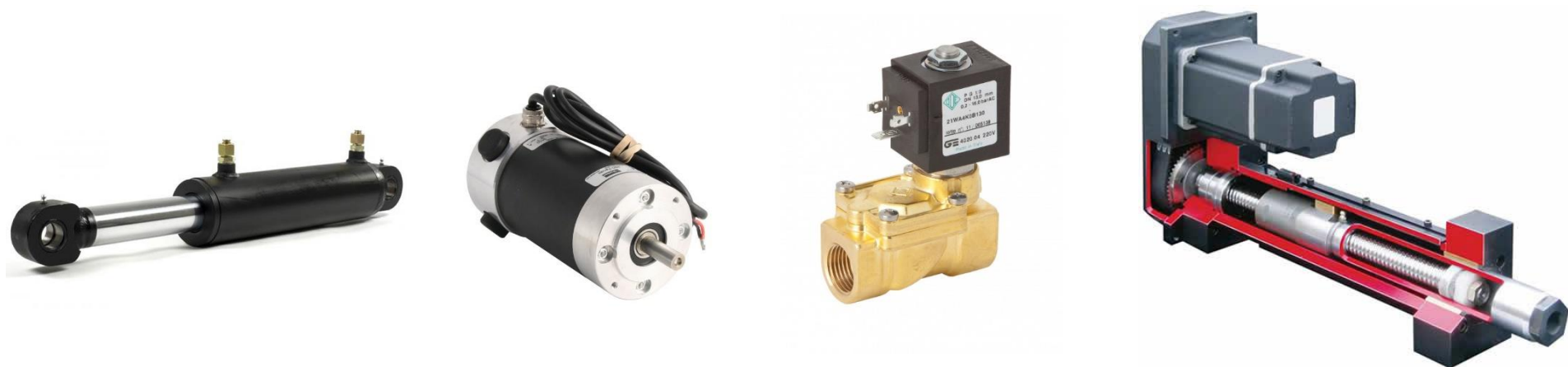
O termo sensor é definido como um elemento que produz um sinal, geralmente elétrico, relacionado a uma grandeza física medida.

Em uma malha de controle como um elemento de medição.



O termo atuador é definido como um elemento que por meio de uma alteração no seu estado, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos, causa efeito em componentes a ele conectado.

Em uma malha de controle é caracterizado como um elemento de correção.

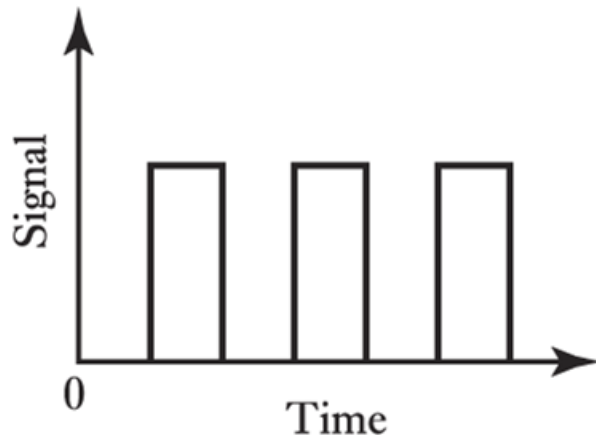




# TIPO DE SINAL

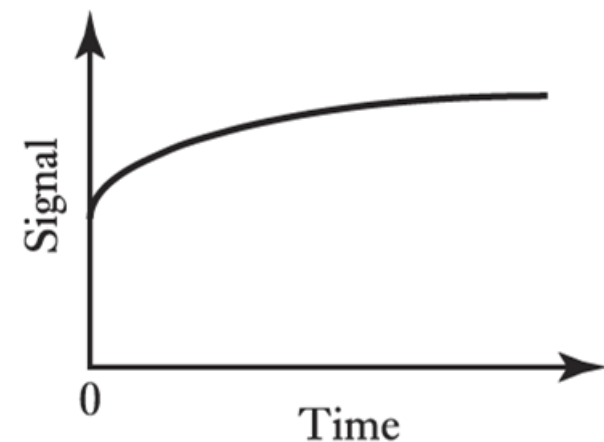
## Digital (discreto)

Segue a lógica binária apresentando apenas dois estados, 0 ou 1. A variável pode ser o status do sensor ou uma sequência de valores *on/off*.



## Analógico (contínuo)

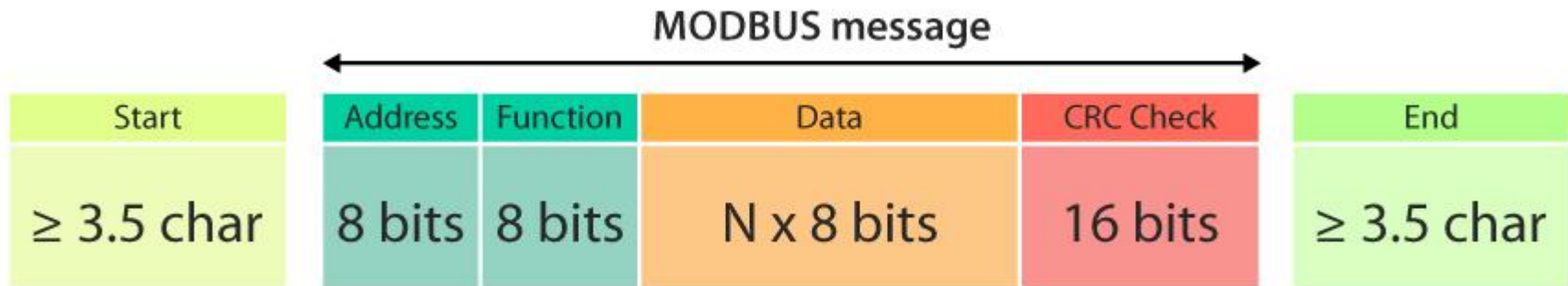
O sinal é contínuo e sua amplitude é a medida da variável. Pode produzir continuamente uma grande faixa de variação.



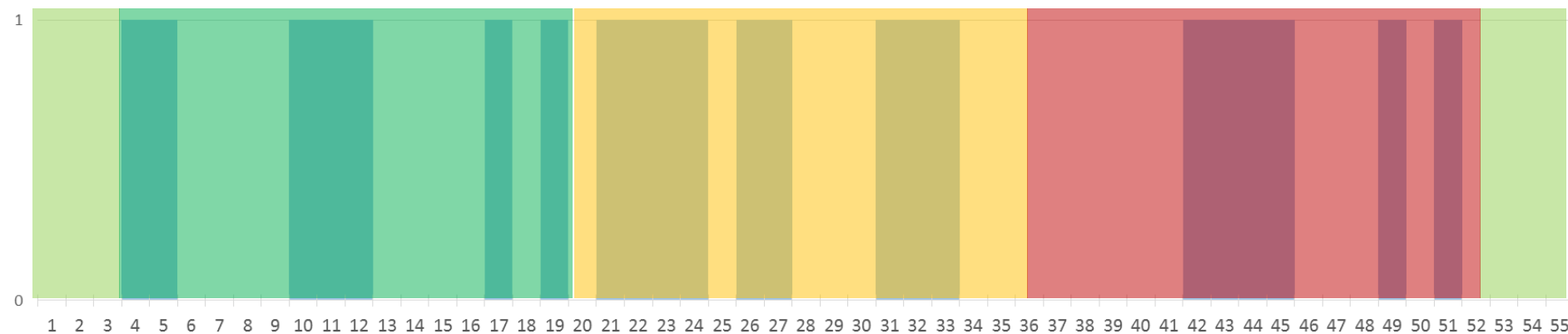
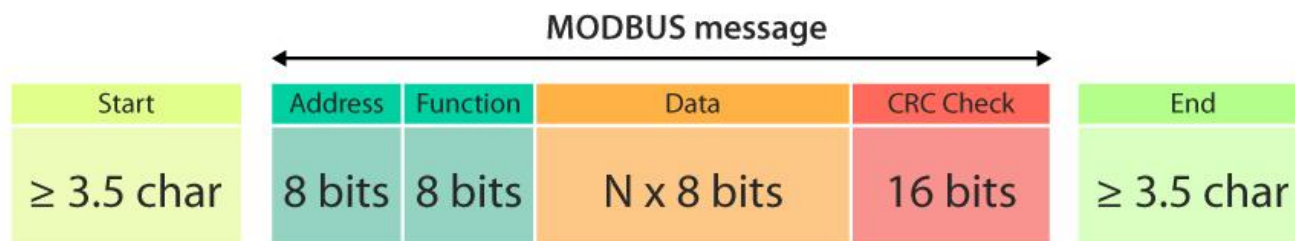


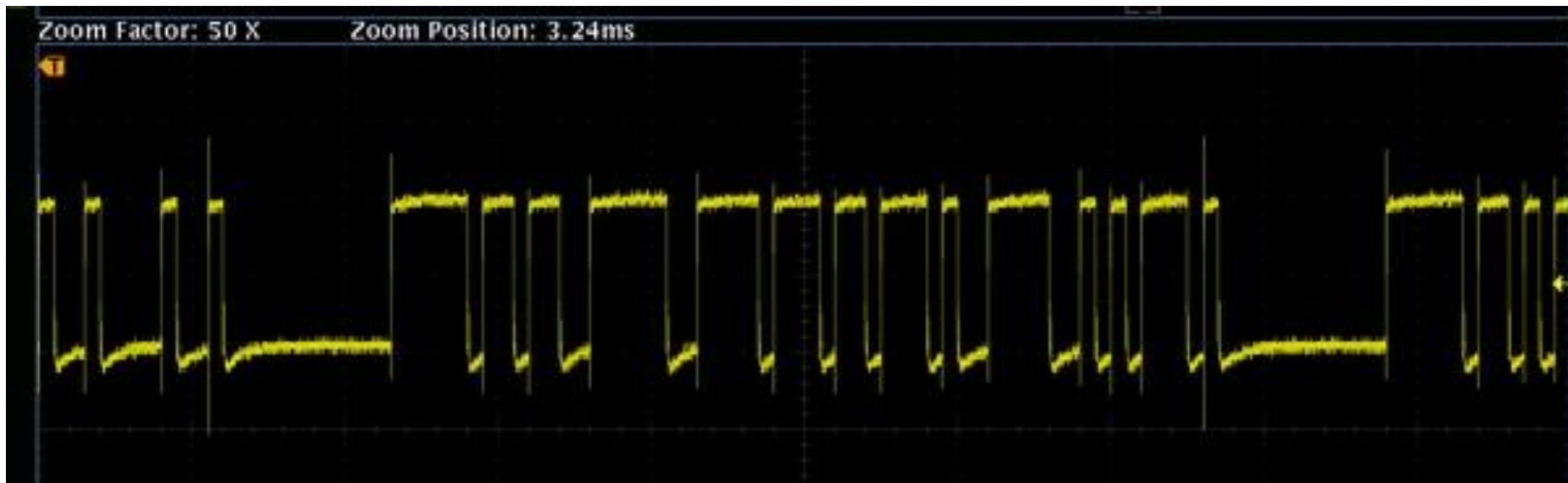
## Protocolo de comunicação (fieldbus)

**Convenção que controla e possibilita uma conexão, comunicação, transferência de dados entre dois sistemas computacionais.**



$$3,5 + 8 + 8 + (2 \times 8) + 16 + 3,5 = 55$$



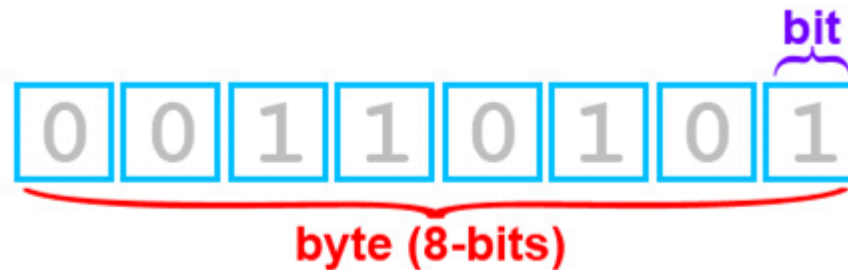




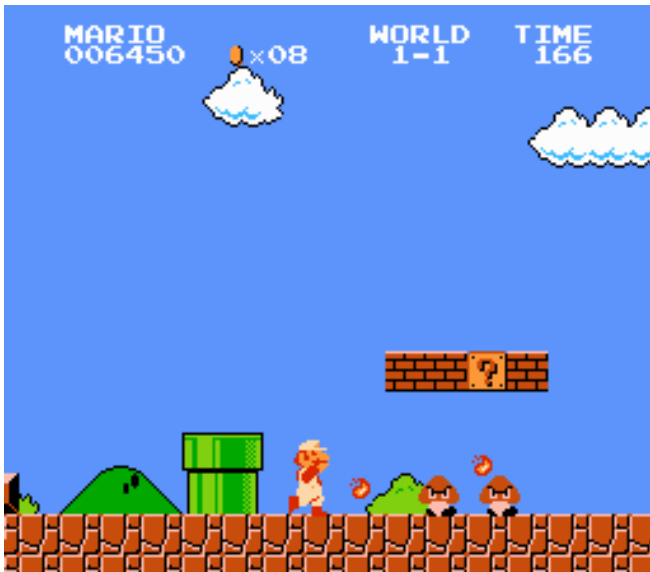


# CONVERSÃO DE SINAL

Sistema de numeração binária utiliza combinações dos dígitos 0 e 1, chamados bits. O arranjo de vários bits forma um byte.



Os mais frequentes são os múltiplos de 8 bits: 8, 16, 32, 64, 128.



No sistema binário (**0** e **1**), para determinar o número de combinações com **n bits**, basta calcular  $2^n$

## Exemplos:

**1** bit →  $2^1 = 2$  combinações possíveis (**0** e **1**)

**2** bits →  $2^2 = 4$  combinações possíveis

**3** bits →  $2^3 = 8$  combinações possíveis

**4** bits →  $2^4 = 16$  combinações possíveis

...

**8** bits →  $2^8 = 256$  combinações possíveis

**16** bits →  $2^{16} = 65.536$  combinações possíveis

**32** bits →  $2^{32} = 4.294.967.296$  combinações possíveis



# Binário para decimal

**1** bit  $\rightarrow 2^1 = 2$

**2** bit  $\rightarrow 2^2 = 4$

**3** bit  $\rightarrow 2^3 = 8$

**4** bit  $\rightarrow 2^4 = 16$

0

1

0 0

0 1

1 0

1 1

0 0 0

0 0 1

0 1 0

0 1 1

1 0 0

1 0 1

1 1 0

1 1 1

0 0 0 0

0 0 0 1

0 0 1 0

0 0 1 1

0 1 0 0

0 1 0 1

0 1 1 0

. . . .

1 1 1 1

## Transformar o número 1101 na base binária para a base decimal

Posição do número (potência)

3 2 1 0

1 1 0 1<sub>2</sub> → B<sub>10</sub>

1 x 2<sup>0</sup> = 1 x 1 = 1

0 x 2<sup>1</sup> = 0 x 2 = 0

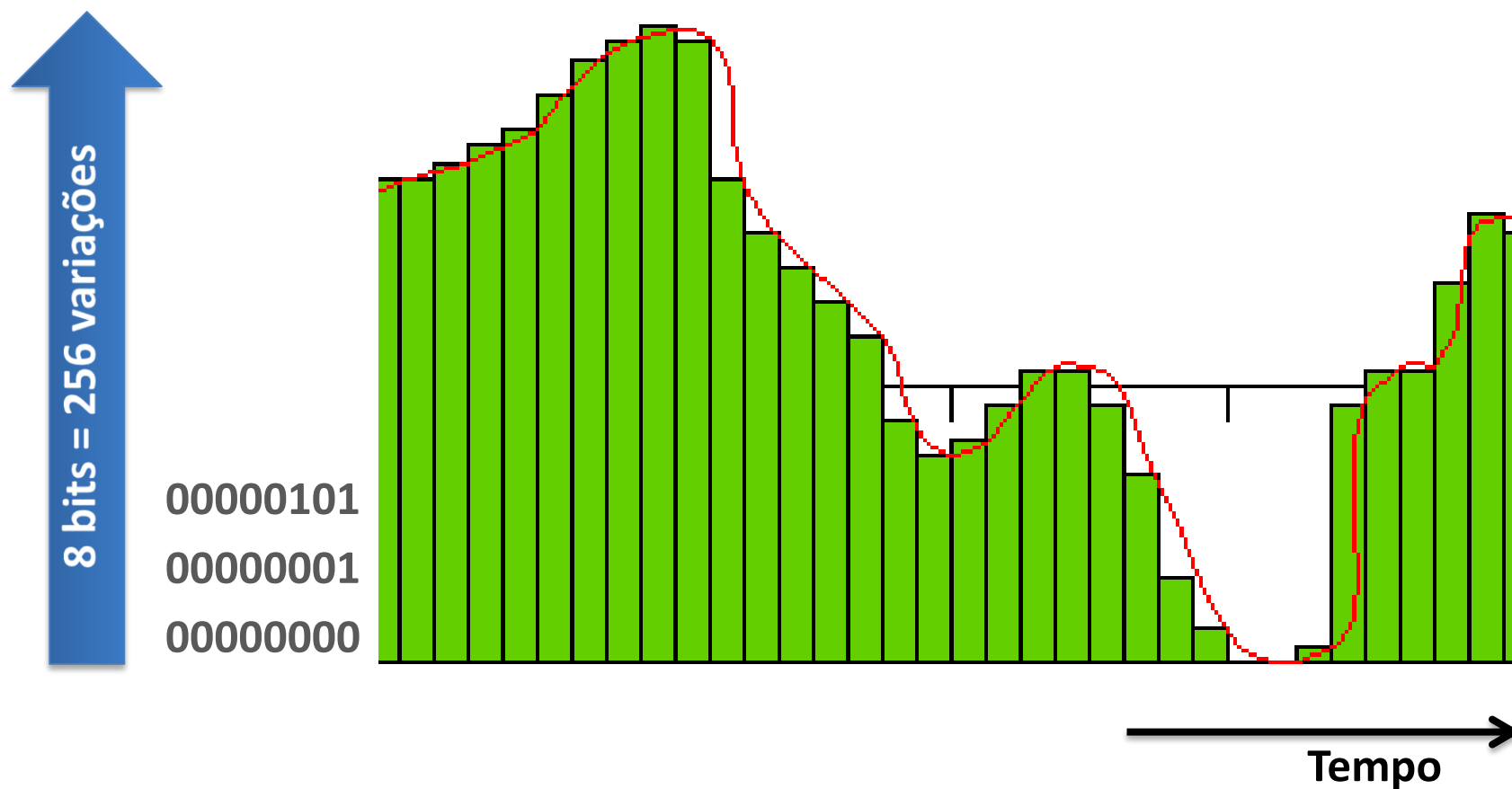
1 x 2<sup>2</sup> = 1 x 4 = 4

1 x 2<sup>3</sup> = 1 x 8 = 8

---

13<sub>10</sub>

Decimal	Binário
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

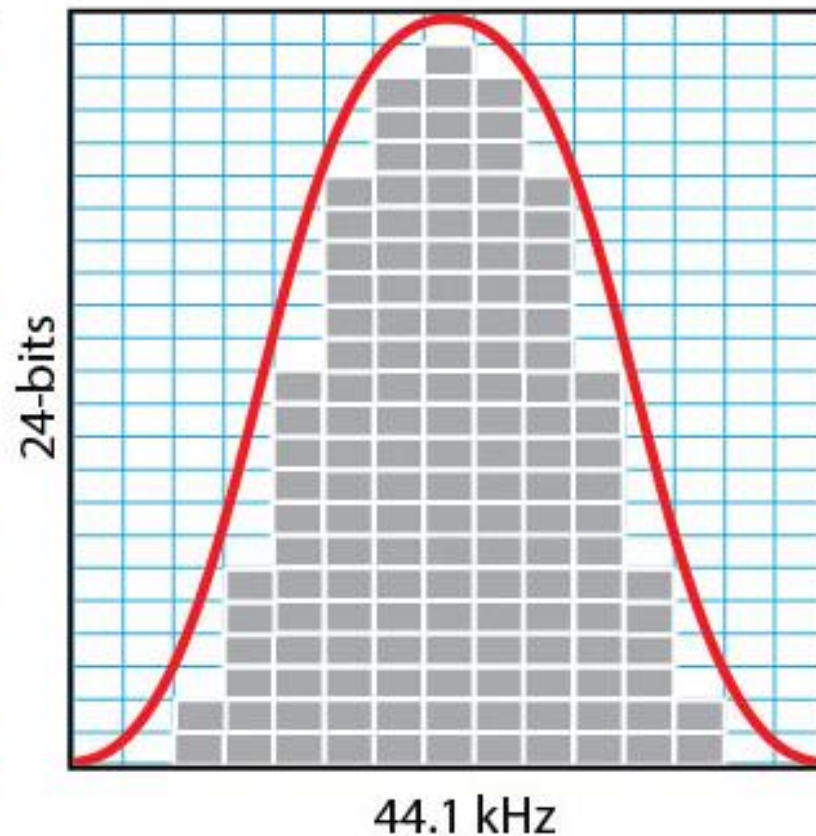
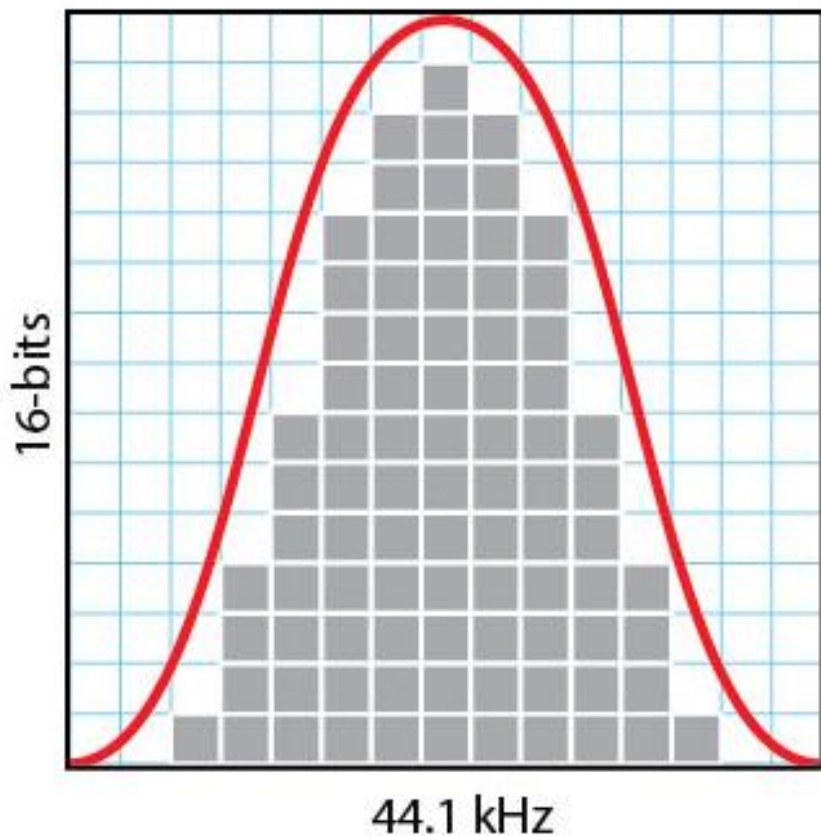


16 bits = 65.536 dec

24 Bits = 16.777.216 dec

256x mais

44.1 kHz = 0,000237 seg



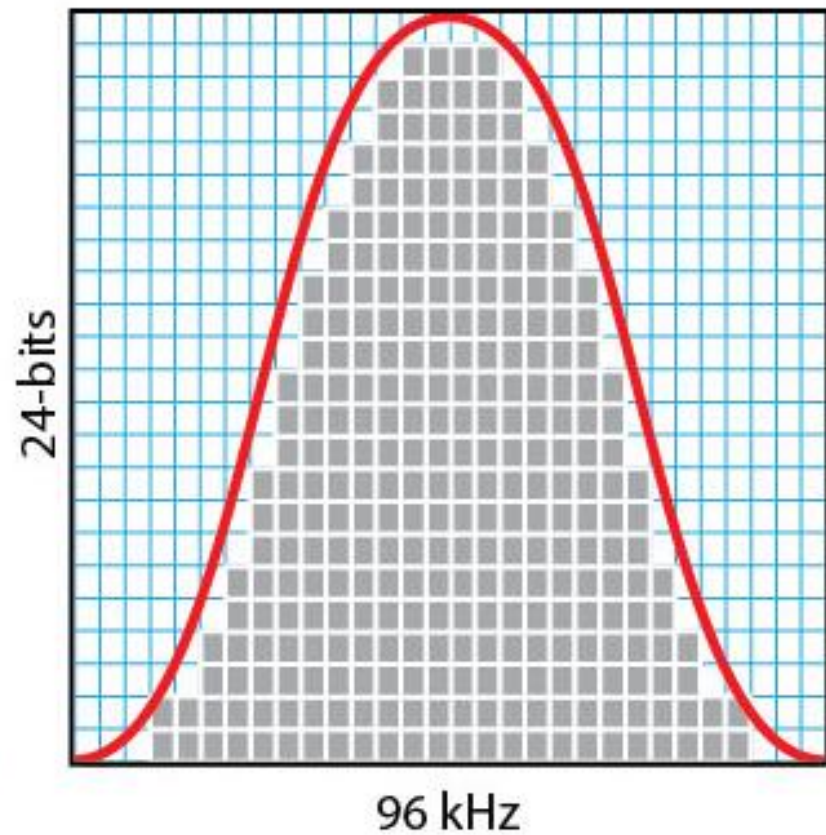
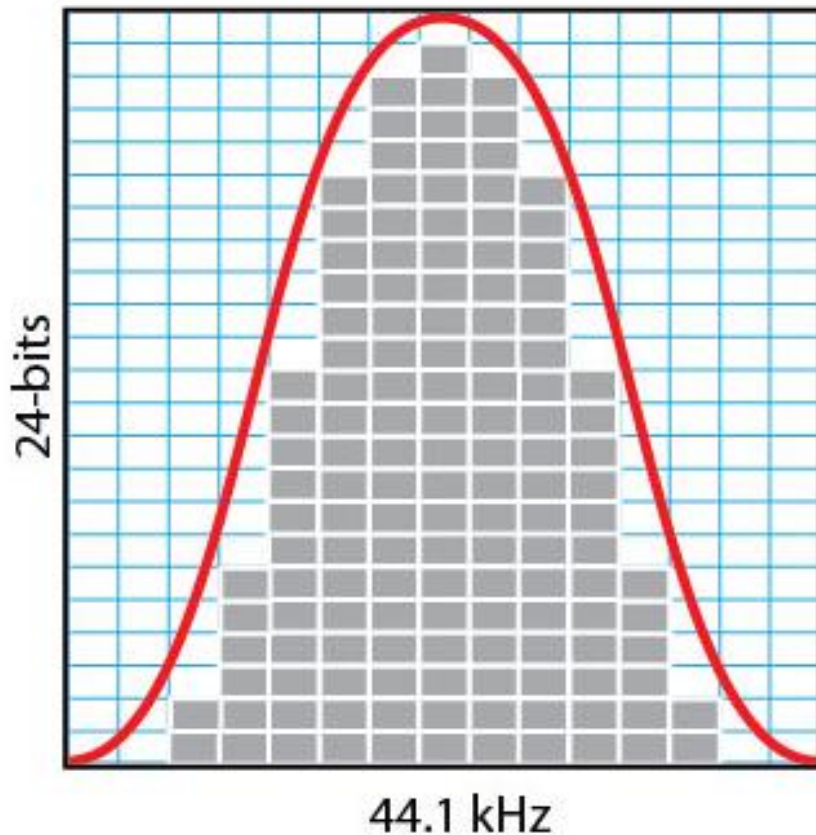


24 Bits = 16.777.216 dec

44.1 kHz = 0,0002370 seg

96 kHz = 0,0000104 seg

23x mais





Elementos usados normalmente no condicionamento de sinais são:

*Amplificadores operacionais*: amplificadores com ganho na ordem 100.000 vezes ou mais, circuitos de proteção, geralmente para isolar correntes ou tensões altas

*Filtros*: que podem ser usados para remover uma determinada faixa de frequência

*Ponte de wheatstone e outras*: que converte variação de resistência elétrica em tensão.

## Sensores Inteligentes

Possuem no mesmo encapsulamento um circuito condicionador de sinal e um microprocessador. Este sensor pode ter funções como capacidade de compensar erros aleatórios, se adaptar a mudanças no ambiente, fornecer um calculo automático da precisão medida.





# **PADRÃO DE COMUNICAÇÃO**



## Chaves

ON – OFF; NA e NF

## Transmissão Eletrônica ( década de 1960)

4-20 mA; 10-50 mA; 0-5 V; 0–10 V

## Fieldbus (década de 1980)

É um sistema de comunicação digital bidirecional, que interliga equipamentos inteligentes de campo com o sistema de controle ou com equipamentos localizados na sala de controle,

## Wireless

Redes de sensores sem fio consistem de um grande número de dispositivos sem fios (nós sensores ou simplesmente sensores) densamente distribuídos em uma região de interesse.



On/Off



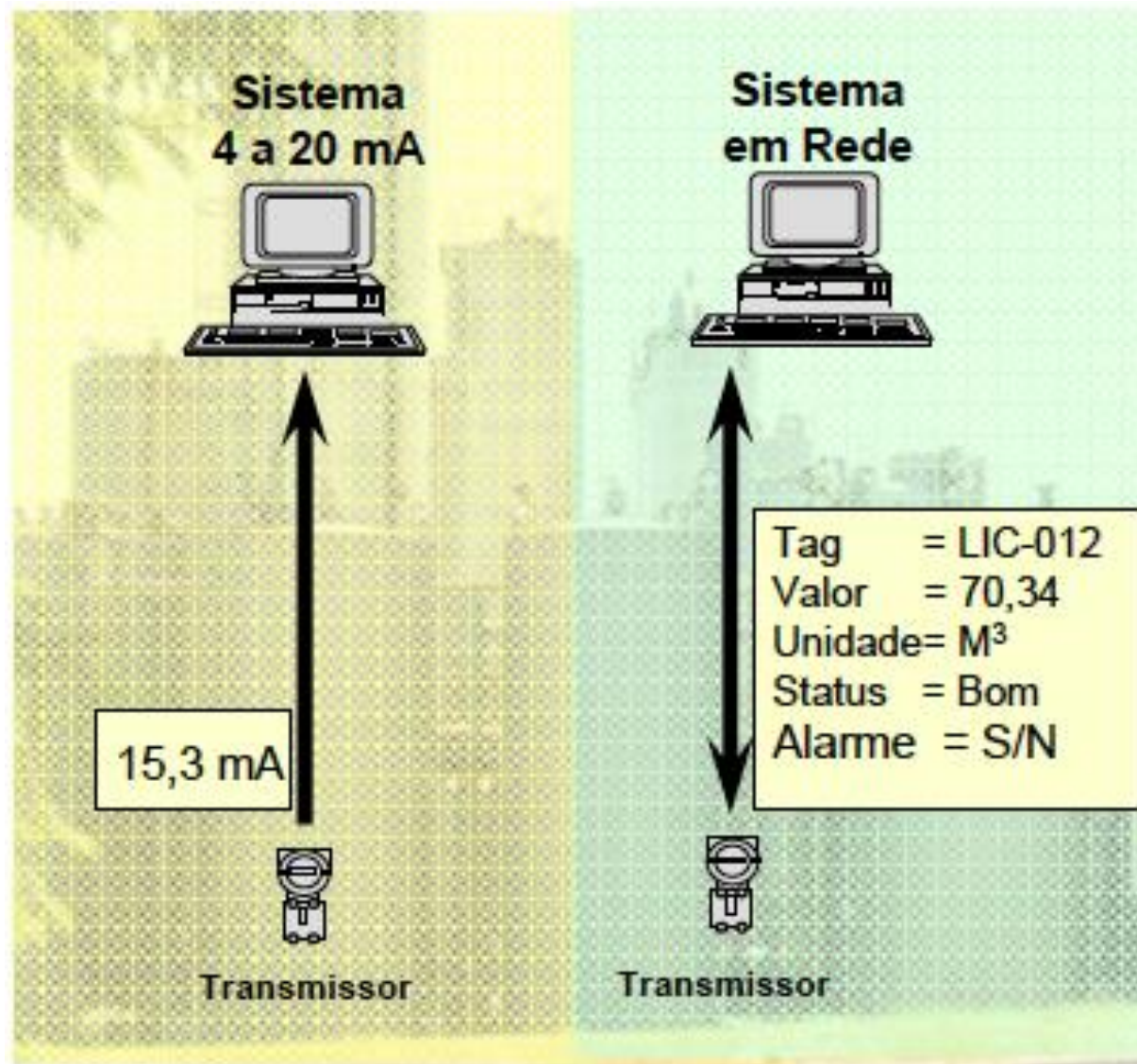
4-20ma

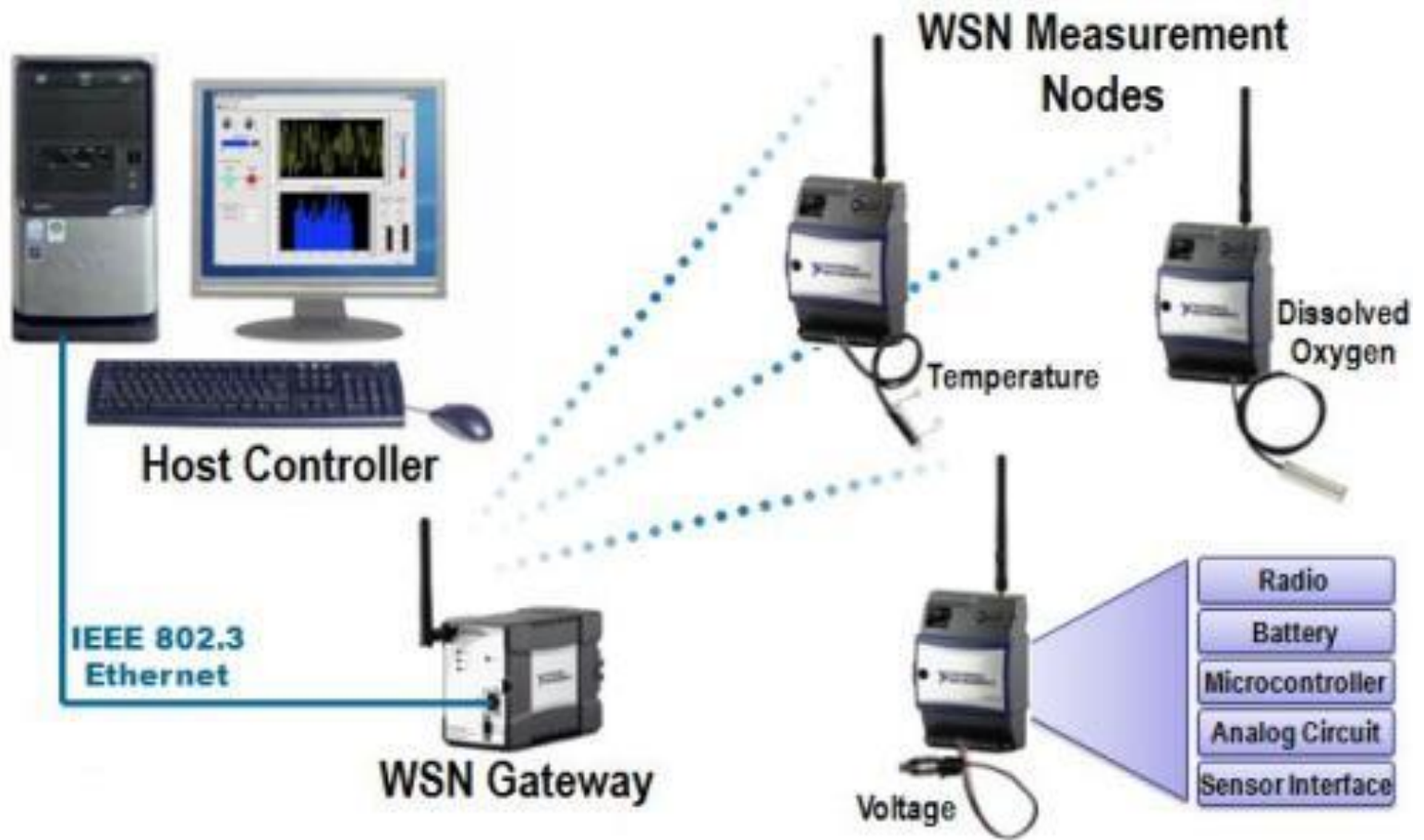


Profibus



Wireless





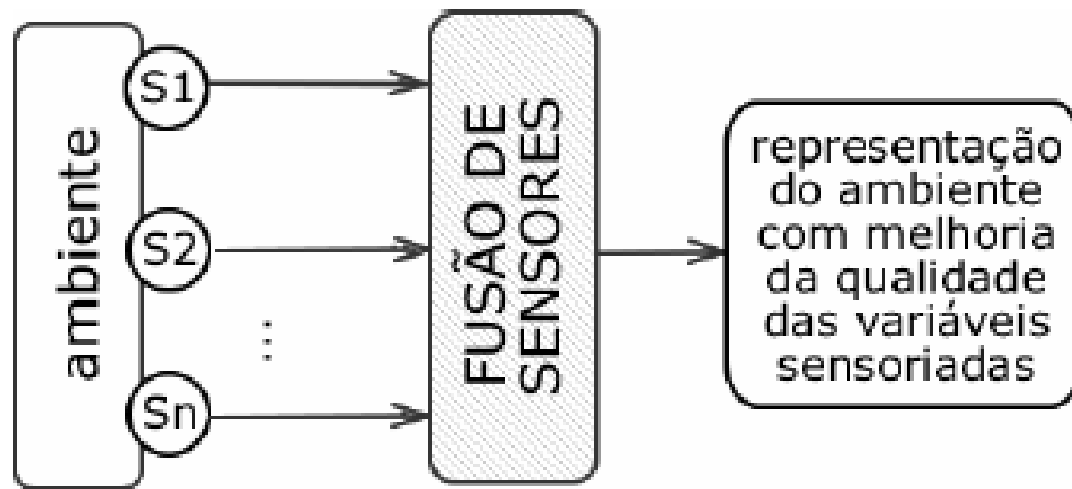


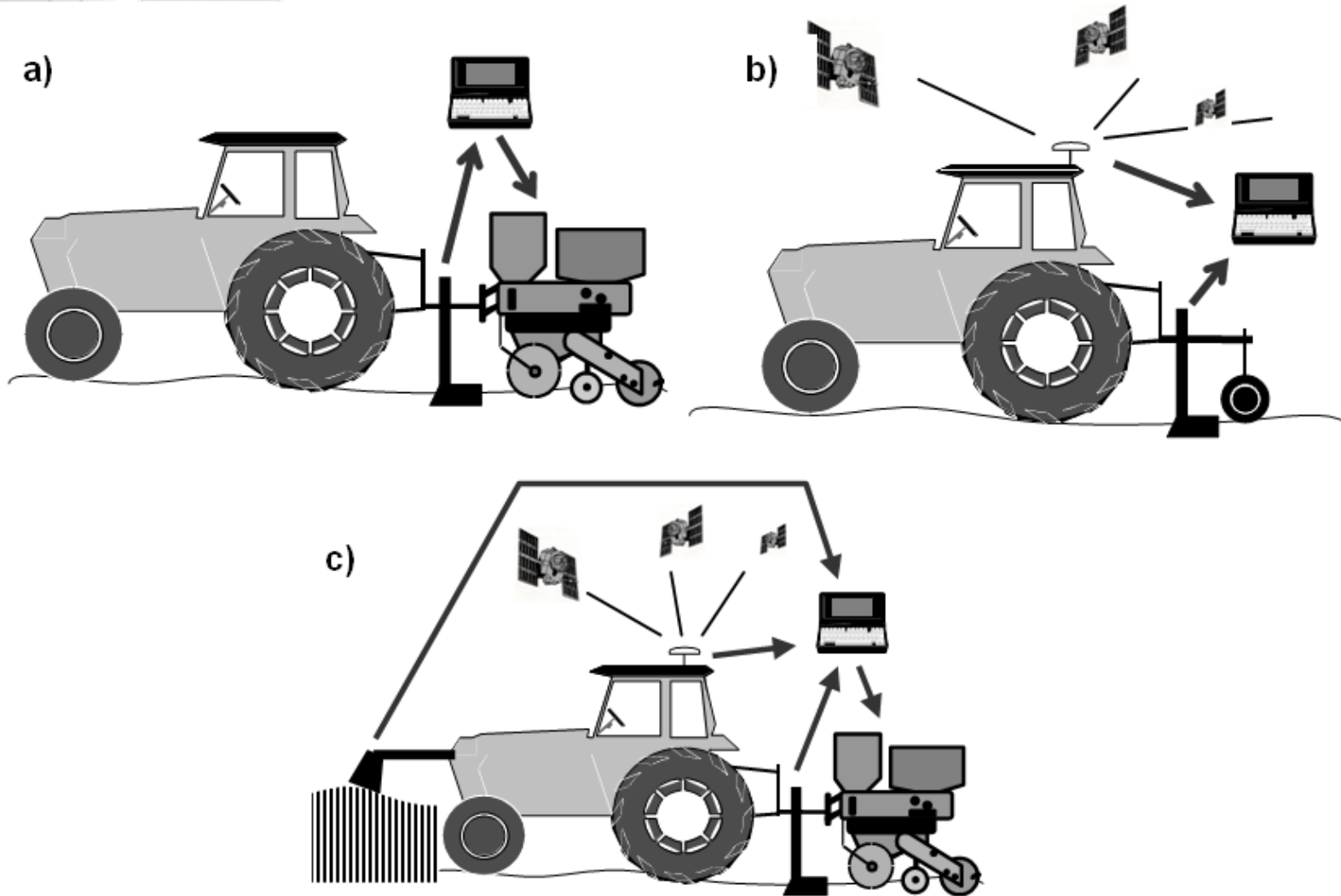


# FUSÃO DE SENSORES



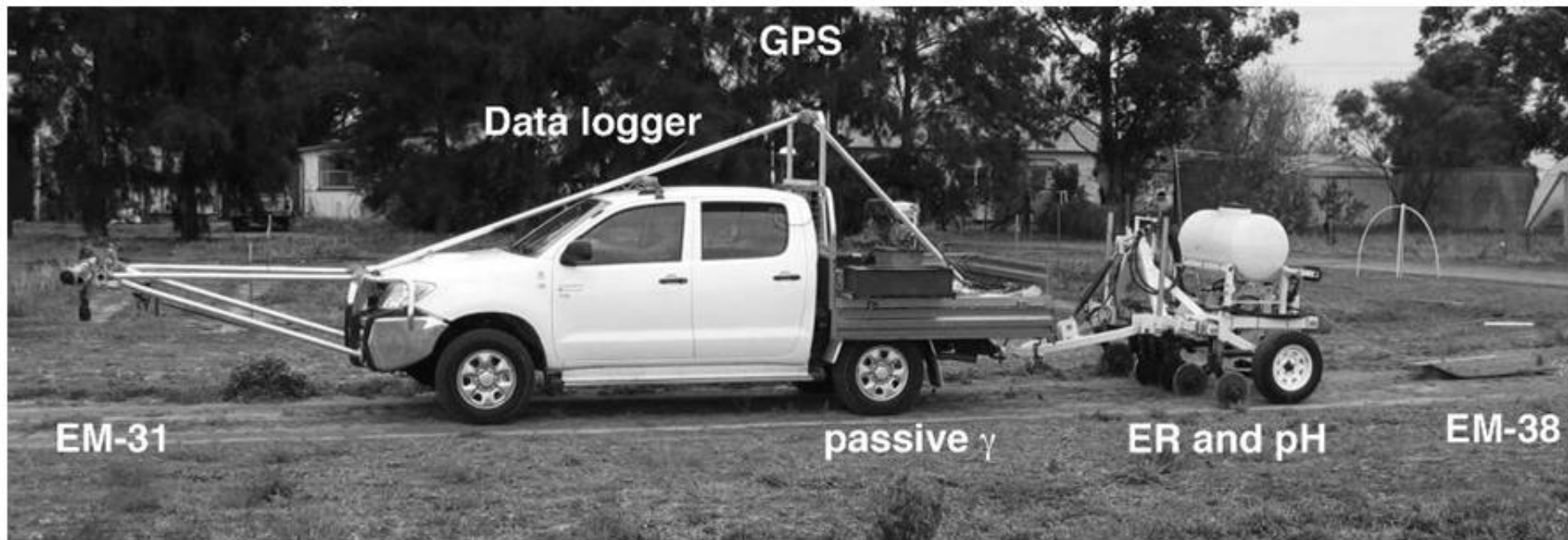
O processo de combinação dos dados provindos de múltiplos sensores de mesma natureza ou de naturezas diferentes é denominado *fusão de sensores*. Seu principal objetivo é fornecer aos sistemas dados de maior qualidade, permitindo assim reduzir as falhas nos processos decisórios.





## Sensor Fusion for Precision Agriculture

Viacheslav I. Adamchuk, Raphael A. Viscarra Rossel, Kenneth A. Sudduth and Peter Schulze Lammers DOI: 10.5772/19983



## Sensor Fusion for Precision Agriculture

Viacheslav I. Adamchuk, Raphael A. Viscarra Rossel, Kenneth A. Sudduth and Peter Schulze Lammers DOI: 10.5772/19983

Termo	Definição	Objetivo
Fusão de Dados Fusão de Dados de Múltiplos Sensores	Métodos e ferramentas utilizados na combinação de dados de baixa qualidade	Melhoria na qualidade da informação gerada pela combinação dos dados sensorizados
Fusão da Informação	Termo amplo. Refere-se à fusão de qualquer tipo de dado	Minimização do volume de dados e integração
Integração de Sensores	Uso sinérgico das informações sensorizadas por diferentes dispositivos sensores (envolve fusão dos dados, planejamento e arquitetura do sistema)	Potencializar a realização de tarefas do sistema
Fusão de Sensores Fusão de Múltiplos Sensores	Processo de combinação dos dados obtidos por sensores de mesma natureza ou de naturezas diferentes.	Obter uma representação (modelo) do ambiente sensorizado com melhoria na qualidade das variáveis sensorizadas



<b>Semicondutores:</b>	chaves, amplificadores
<b>Eletromagnéticos:</b>	motor AC e DC, eletroímãs, solenoides
<b>Pneumáticos/Hidráulicos:</b>	motores, cilindros
<b>Eletroquímicos:</b>	lâmpadas, células de combustível
<b>Shape-memory alloy:</b>	após aquecidos voltam a forma inicial
<b>Piezoelétricos:</b>	geram corrente elétrica quando deformados
<b>Magnetoresistivos:</b>	mudam sua resistência elétrica quando um campo magnético externo é aplicado
<b>Fluido eletro-reológico:</b>	viscosidade em função de uma corrente elétrica
<b>Fluido magneto-reológico:</b>	viscosidade em função de um campo magnético
<b>Microatuadores:</b>	escala microscópica

## LEB 5030 – Instrumentação e Automação para Sistemas Agrícolas

# Sensores e atuadores



**Prof. Dr. Rubens Tabile**  
 tabile@usp.br  
 FZEA - USP