Controle de Sistemas Dinâmicos

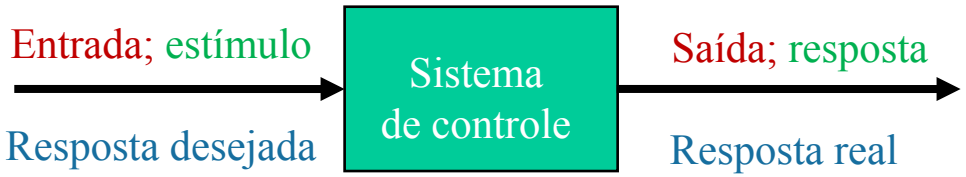
CSD1–Introdução

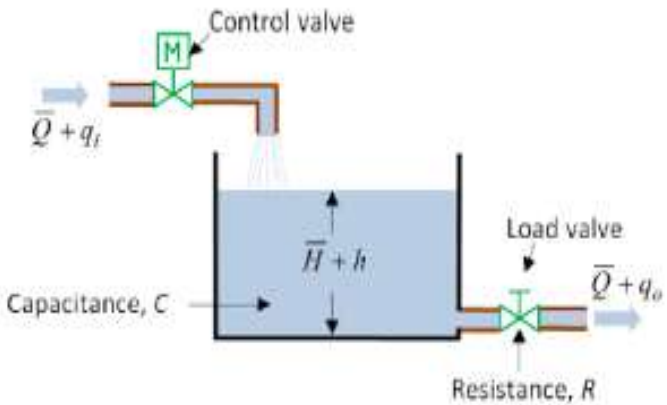
Prof. Adolfo Bauchspiess
ENE/UnB

(Material de aula *Complementar,* adaptado parcialmente de Nise – Eng. de Sist. de Controle)

Fig. 1.1

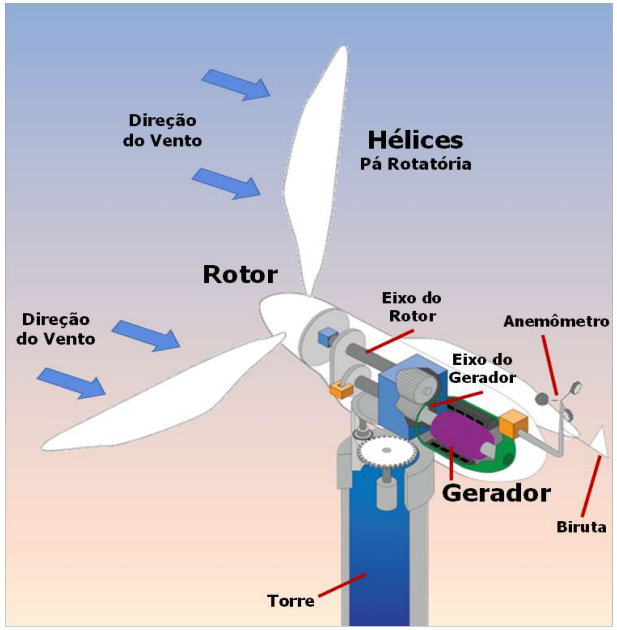
Descrição simplificada de um sistema de controle





"Sistema" Nível de Líquido

https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-geracao-eolica/

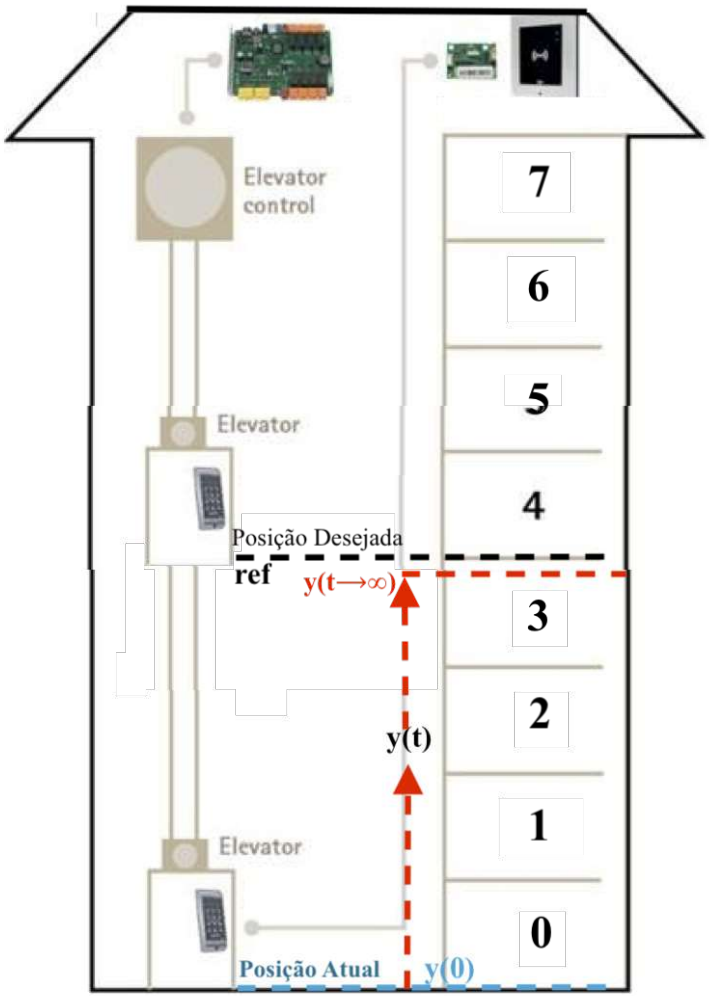


"Sistema" Gerador Eólico

Entrada? Saída? Resposta desejada? … ??

Fig. 1.5

Sistema “Elevador”



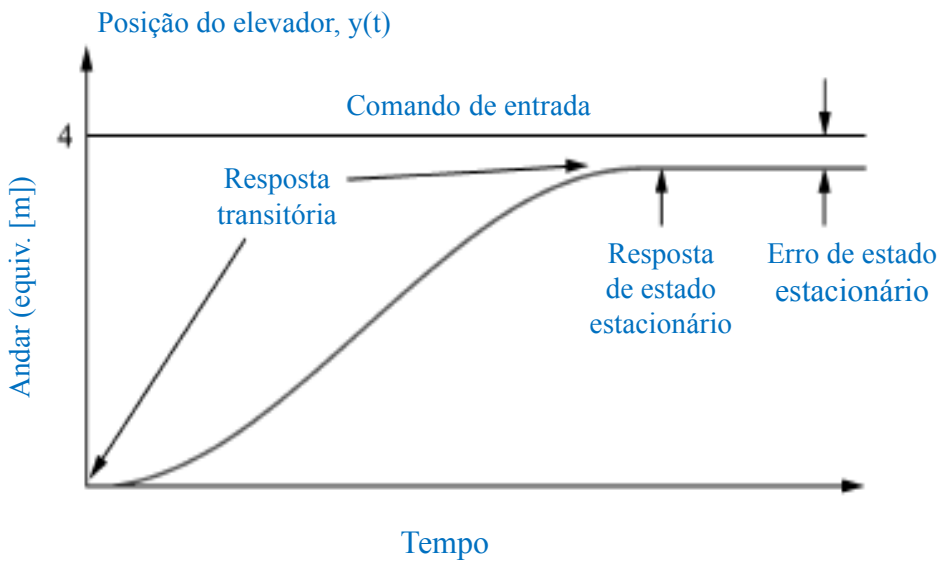
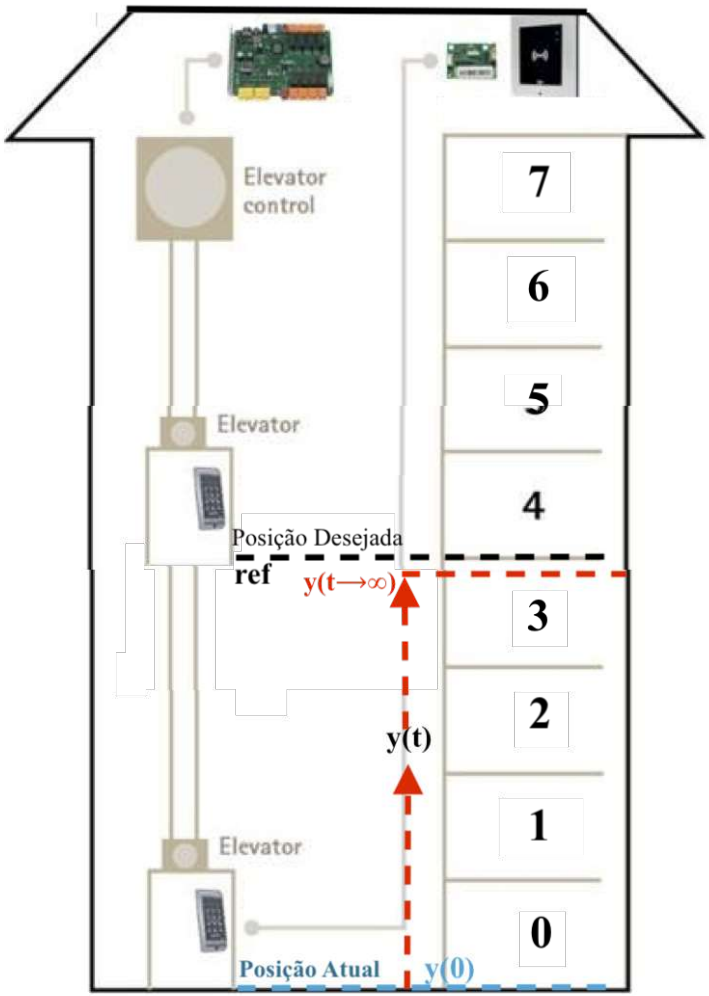


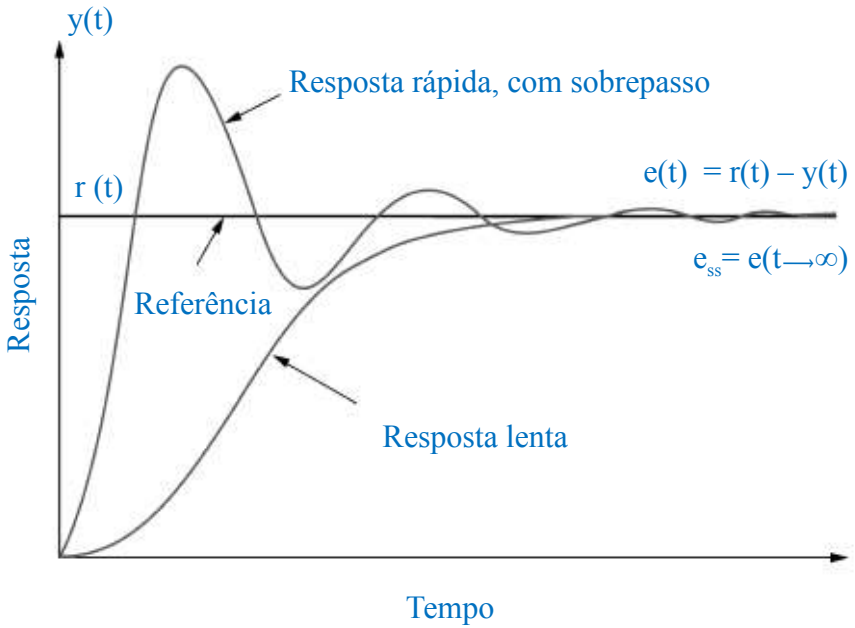
Fig. 1.5

Entrada e saída - Elevador



Controle em Malha Fechada:

⟹ redução do erro
⟹ ajuste da velocidade da resposta



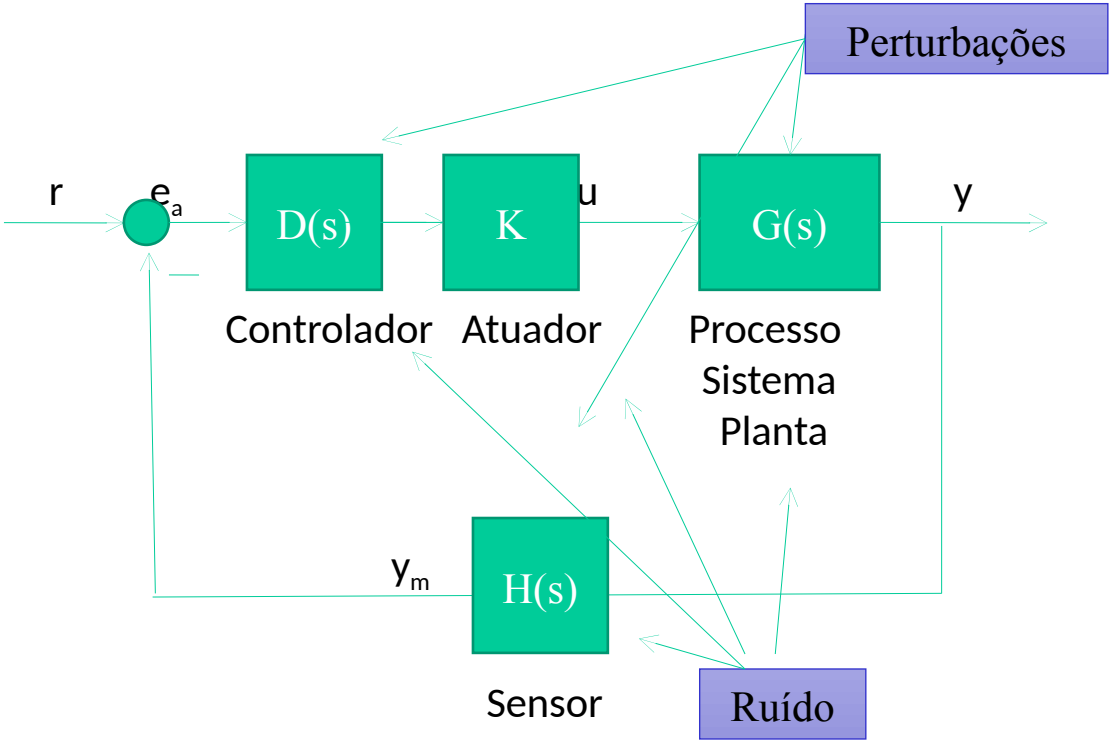
Termos Técnicos – CSD-A

- Realimentação
- Servosistemas
- Reguladores Automáticos
- Controle de Processos

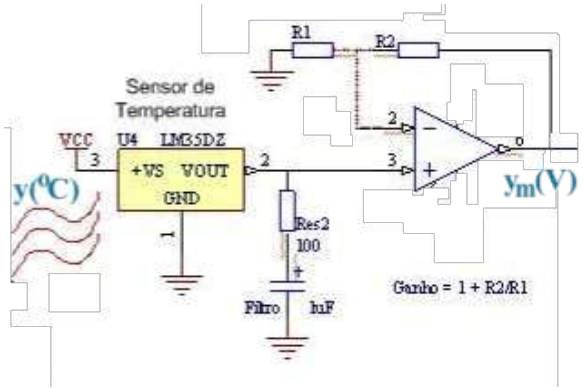
Erro: $e = r - y$
Erro atuante: $e_a = r - y_m$

Em geral, ***subentende-se***:
- Transdutor de Entrada
- Sensor com Transdutor
- Controlador = KD(s)

r, y_m e e_a tem a mesma dimensão (tipicamente, [V])

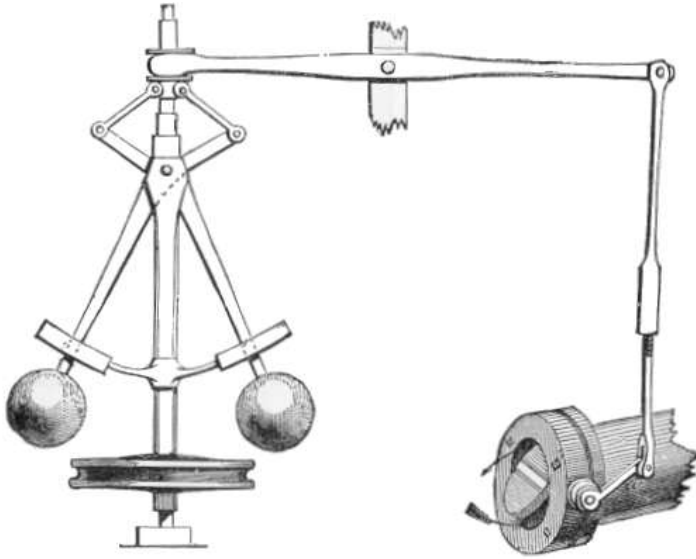


Exemplo: Sensor de temperatura



LM35(10 mV/°C), filtro PB, ganho Amp. Op.

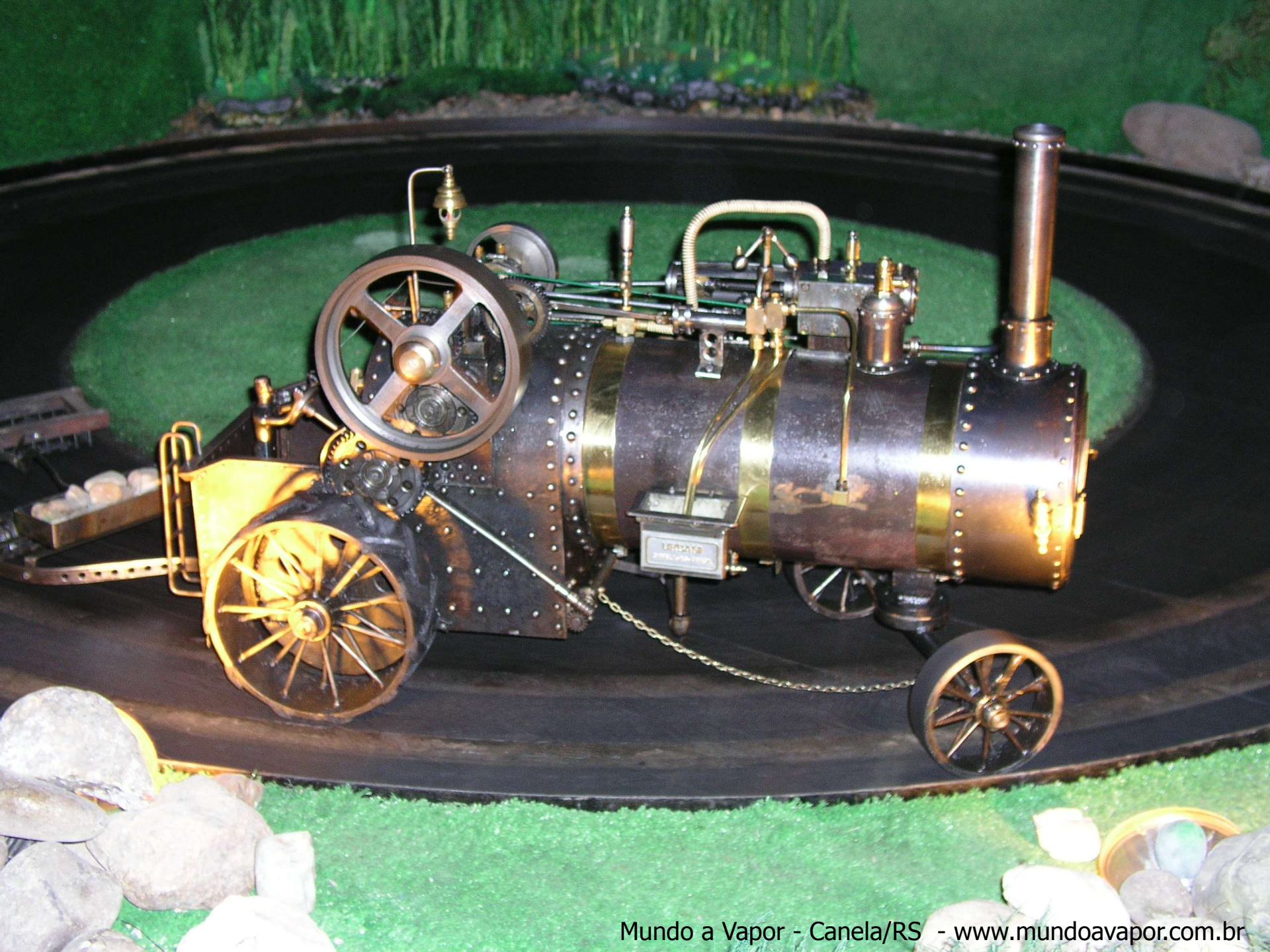
Marcos Históricos



- 1788 James Watt
  - Controlador centrífugo de velocidade – máquina a vapor
- 1932 Nyquist
  - Estabilidade em malha fechada a partir da resposta senoidal
- ~1940 Bode, Nyquist
  - Métodos de resposta em frequência
- 1948 Evans
  - Método do Lugar Geométricos das Raízes

Mundo a Vapor - Canela/RS - www.mundoavapor.com.br

TANQUE DE MASSA
(POLPA)
MADEIRA



Mundo a Vapor - Canela/RS - www.mundoavapor.com.br

Mundo a Vapor - Canela/RS - www.mundoavapor.com.br

Mundo a Vapor - Canela/RS - www.mundoavapor.com.br

Sistemas de Controle Automático

- Piloto automático aviões
- Robótica
- Processos industriais
  - Pressão
  - Temperatura
  - Umidade
- Processos de fabricação

~1900: 40% da mão de obra na agricultura. Atualmente: USA < 2%; Br ~10%

Revolução Verde
+
Automação

Maior parte "desta"
mão de obra
tem profissões que
não existiam em 1900!

Profissões do Futuro? IOT, AI,…

Alguns Sistemas de Controle:

Telecomunicações

Orientação de satélites e antenas

Robótica

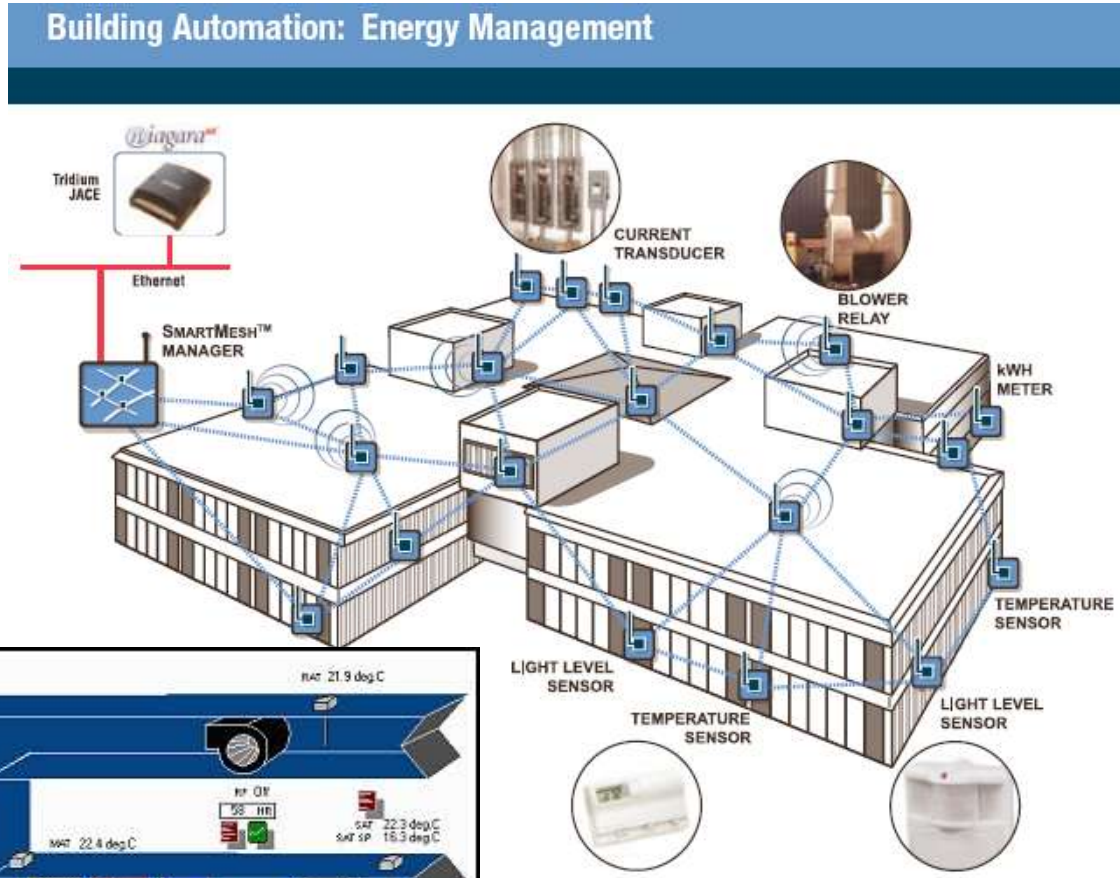
Soldagem Laser & Selagem

Controle de Processos

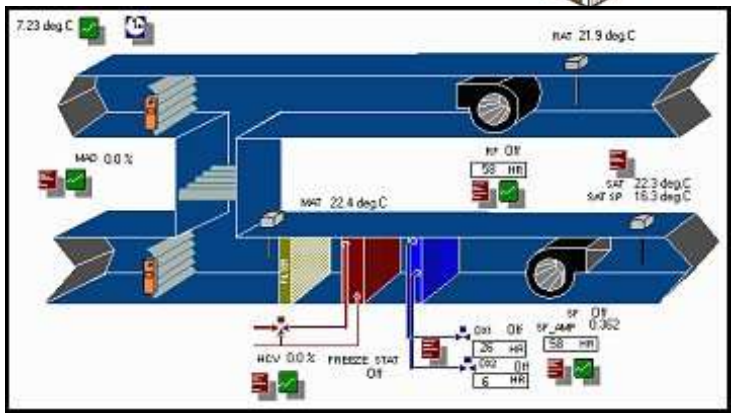
SCADA

Supervisory
Control
and
Data
Acquisition

Automação Predial



Fonte: www.dust-inc.com



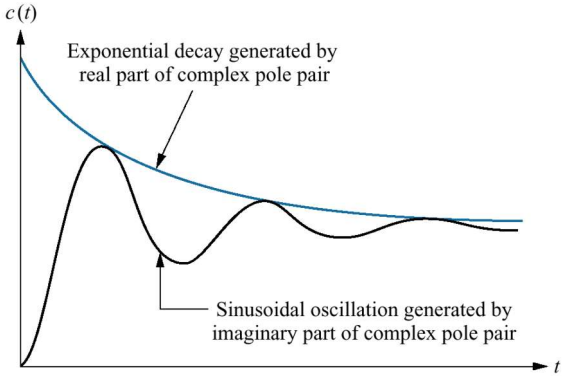
Conforto Térmico
Segurança
Racionalização de Energia

Sistemas de Controle

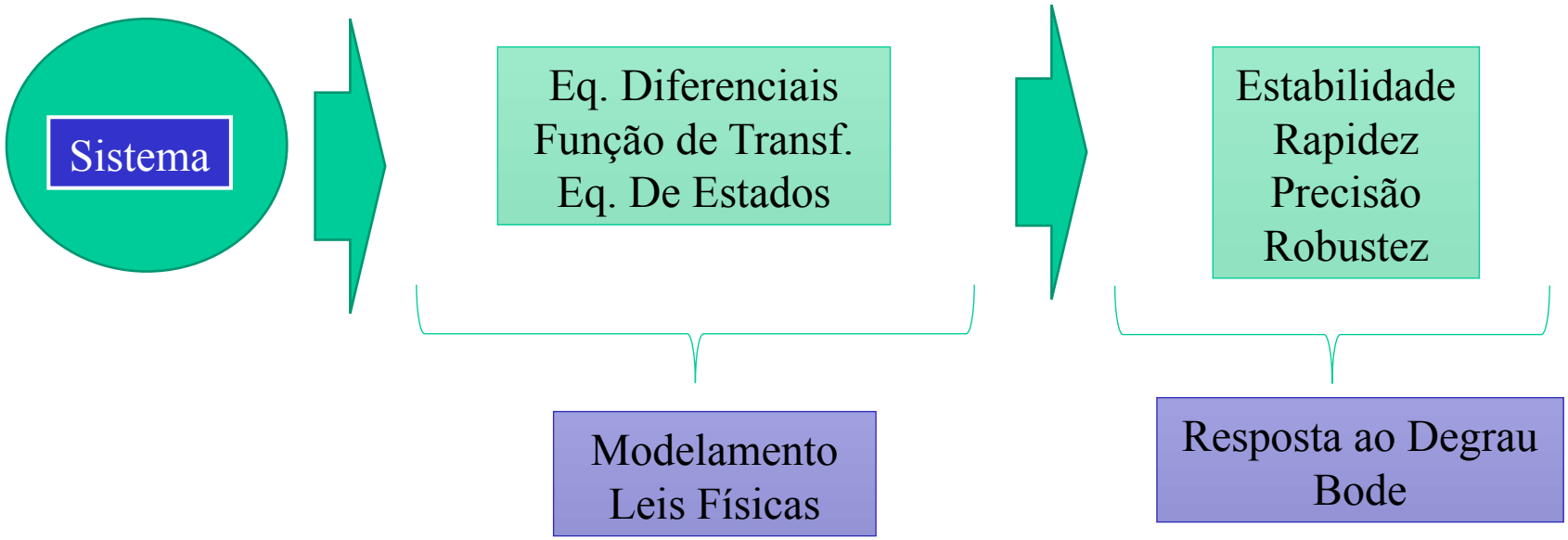
Estudo de um Sistema Físico

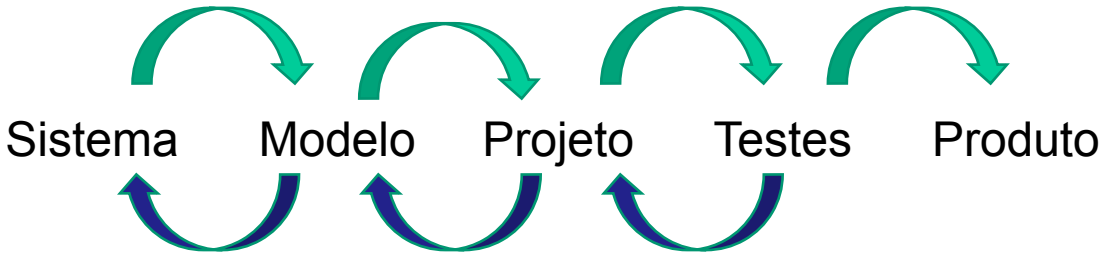
- Modelamento Físico
- Formulação Matemática
- Análise Dinâmica

$$G(s) = \frac{s+b}{s^3 + 2\alpha Ts + 1}$$



Projeto de Controladores





Síntese é um Processo Iterativo !!

Classificação de Sistemas de Controle

- Lineares x não-lineares
  - Faixa de operação linear →superposição
- Invariantes x variantes no tempo
  - Foguete →redução da massa
- Contínuo x discreto (clock)
- Parâmetros concentrados x p. distribuídos – EDO x EDP
- Determinísticos x Estocásticos (ruído)

Disciplinas de Controle ENE/UnB

- Controle Clássico (CSD)
  - Resposta em freqüência, Lugar das Raízes

- Controle Moderno (CEE)
  - Variáveis de estado, sistemas multidimensionais, computadores digitais

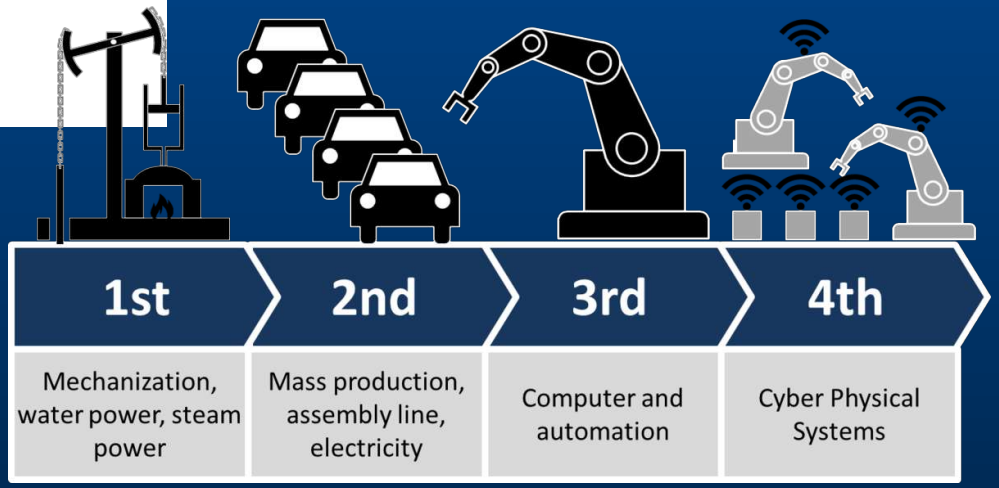
  Reforma Curricular:
  (CSD $\Longrightarrow$ Eng. Elétrica)
  (CDin = CSD + CEE $\Longrightarrow$ Eng. Mecatrônica)

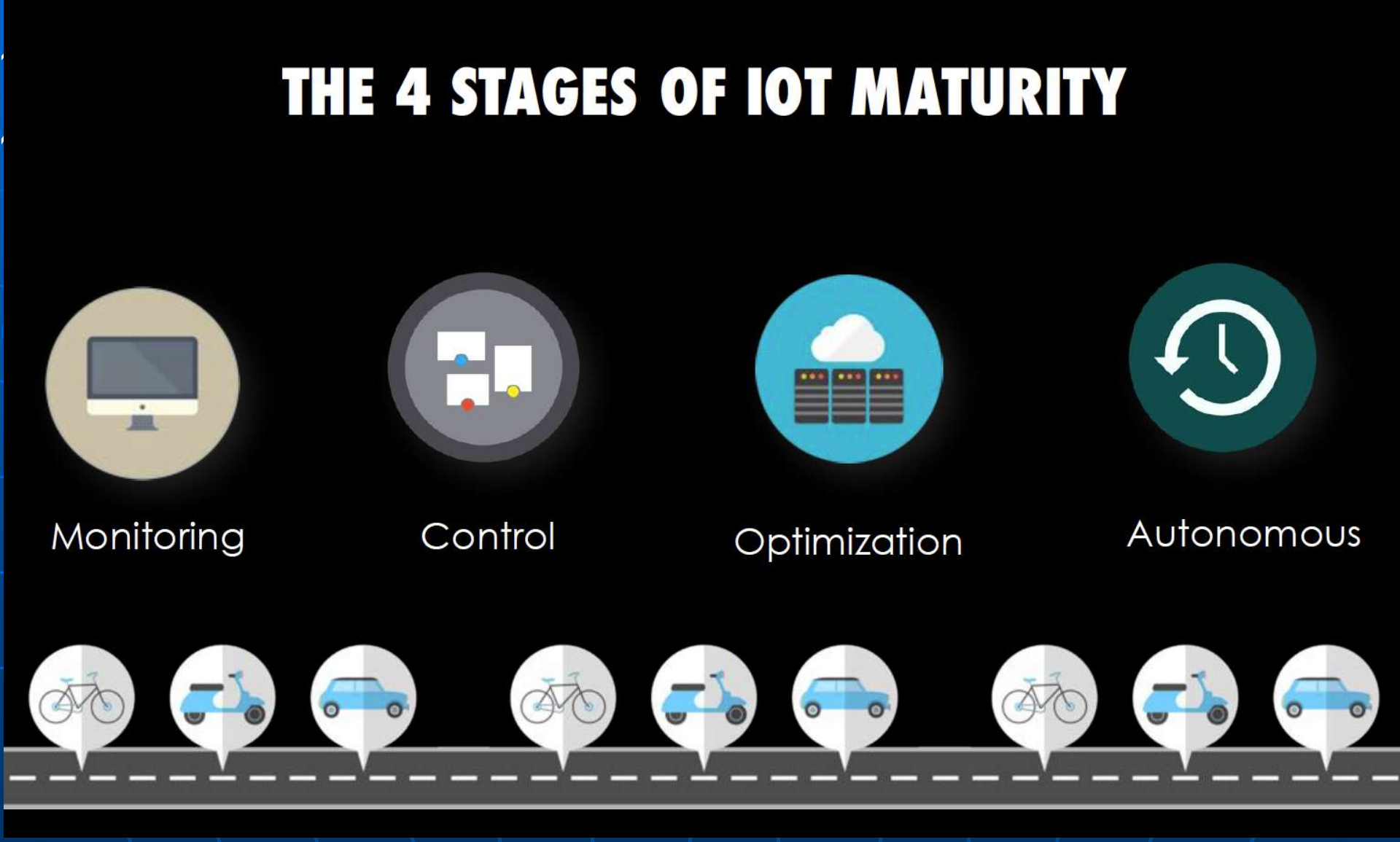
- Controle Inteligente (ICIN/Inteligência Comp.)
  - Redes Neurais Artificiais, Deep Learning, Reinforcement Learning, Fuzzy, Comp. Evolutiva

Cyber-Physical Systems

Breakthrough

1. Steam
2. Electricity
3. Computer
4. Digitalization
5. AI (?)





https://www.slideshare.net/mazlan1/introduction-to-iot-smart-city/18-FUNCTIONAL_VIEW_OF_IOTTECHNOLOGIES

M C O A