



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**  
**Departamento de Engenharia Química e do Ambiente**  
**Curso de Engenharia Química e Bioquímica**

**INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLO**

Ano Lectivo: 2006/2007

3º Ano

Regime: Semestral (1º)

ECTS: 5

Carga Horária: 30 T + 30 T/P

Docente: Profª. Doutora Isabel Nogueira, Professora Coordenadora

**I. Objectivos da disciplina:**

Aquisição de conhecimentos sobre a classificação e caracterização de instrumentos de medida Industrial, conhecimentos sobre diagramas de Processo e Layout de instalações fabris. Domínio da decisão de selecção de instrumentação a partir das alternativas de equipamento disponível para a medição de temperatura, pressão nível e caudal. Aquisição de conhecimentos sobre elementos finais de controlo e transmissores de sinal.

**II. Programa**

**1. CONCEITOS BÁSICOS EM CONTROLO AUTOMÁTICO DE PROCESSOS**

- 1.1 Introdução e Evolução Histórica
- 1.2 Noção de Sistema
- 1.3 Simbologia
- 1.4 Regulação Manual
- 1.5 Interação Homem – Sistema a Regular
- 1.6 Diagrama de Substituição
- 1.7 Instrumentação do Sistema de Regulação
- 1.8 Noção de Processo: Anel Fechado e Anel Aberto
- 1.9 Comparação entre Sistemas em Anel Fechado e Anel Aberto
- 1.10 Matriz de um Processo
- 1.11 Graus de Liberdade dum Instalação
- 1.12 Variável Mensurável
- 1.13 Variável Manipulado
- 1.14 Corrector ou Variável Correctora
- 1.15 Variável Controlada
- 1.16 Resposta dum Instalação no Domínio do Tempo
- 1.17 Estabilidade dum Instalação
- 1.18 Comparador
- 1.19 Regulador
- 1.20 Controlador
- 1.21 Perturbações de Carga

## **2. ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLO**

- 2.1 – Válvulas de controlo automático
- 2.2 – Actuadores
  - 2.2.1 – Actuadores pneumáticos
    - 2.2.1.1 – Actuador de diafragma
    - 2.2.1.2 – Actuador de êmbolo
    - 2.2.1.3 – Actuador de motor
  - 2.2.2 – Actuadores eléctricos
  - 2.2.3 – Actuadores hidráulicos

## **3. TRANSMISSORES DE SINAL**

- 3.1 – Transmissão pneumática
- 3.2 – Transmissão eléctrica
- 3.3 – Transmissão hidráulica
- 3.4 – Transmissão por ondas electromagnéticas
- 3.5 – Transmissão por ondas luminosas
- 3.6 – Transmissão por ultra-sons

## **4. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

- 4.1 – Definição de instrumento
- 4.2 – Classificação dos instrumentos
- 4.3 – Anel de controlo
- 4.4 – Variáveis medidas em unidades processuais
- 4.5 – Sala de controlo
  - 4.5.1 Painel de controlo
  - 4.5.2 Instrumentação numa sala de controlo
  - 4.5.3 Monitorização do processo
- 4.6 – Caracterização de medidores
  - 4.6.1 Introdução à medição
  - 4.6.2 Características gerais que definem os sensores
  - 4.6.3 Cálculo de estimativas de preços
  - 4.6.4 Metodologia para a selecção de medidores

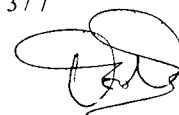
## **5. DIAGRAMAS DE PROCESSO E LAYOUT DE UMA INSTALAÇÃO FABRIL**

- 5.1 – Diagrama de blocos
- 5.2 – Diagrama de Fluxo (Flowsheet)
- 5.3 – Diagrama de serviços auxiliares
- 5.4 – Diagrama de tubagens e instrumentação (DTI)
  - 5.4.1 Códigos para a designação do equipamento

- 5.4.2 Códigos para os tipos de linhas (matéria e sinal)
- 5.4.3 Códigos para ciclos de controlo
- 5.4.4 Códigos para elementos finais de controlo (válvulas)
- 5.4.5 Códigos para outros equipamentos e instrumentos
- 5.5 – Diagramas de balanços mássicos e energéticos
- 5.6 – Diagramas de processo – Síntese e comparação
- 5.7 – Layout de uma instalação fabril
  - 5.7.1 Localização da unidade fabril
  - 5.7.2 Traçado da planta da fábrica
- 5.8 – Layout de tubagens

## **6. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA**

- 6.1 – Definições
- 6.2 – Classificação dos instrumentos de medida de temperatura
- 6.3 – Termómetros bimetalicos
- 6.4 – Termómetros de líquido em vidro
- 6.5 – Termómetros de bolbo e capilar
- 6.6 – Termómetros de dilatação de líquido
- 6.7 – Termómetros de dilatação de mercúrio
- 6.8 – Termómetros de vapor
- 6.9 – Termómetros de gás
- 6.10– Termopares
  - 6.10.1 Princípio de funcionamento. Constituição. Efeitos de Peltier e de Thomson
  - 6.10.2 Leis da termometria
  - 6.10.3 Ligação dos termopares
  - 6.10.4 Ligações do termopar ao instrumento de medida
  - 6.10.5 Medição da temperatura com milivoltímetro
  - 6.10.6 Medição da temperatura com circuitos potenciométricos de termopares
  - 6.10.7 Condições exigidas para os metais do termopar
  - 6.10.8 Bainhas pirométricas
  - 6.10.9 Termopares múltiplos
  - 6.10.10 Termopares industriais
  - 6.10.11 Instalação dos termopares
- 6.11- Termómetros de resistência eléctrica. Termoresistências
  - 6.11.1 Princípio de funcionamento e constituição
  - 6.11.2 Circuitos de medida com termoresistências
  - 6.11.3 Termómetro de resistência com ponte não equilibrada
  - 6.11.4 Sistema de bobinas cruzadas
  - 6.11.5 Características dos materiais das termoresistências



6.11.6 Vantagens de desvantagens das termoresistências

6.12 – Termistores

6.13– Pirómetros de radiação

6.13.1 Princípio de funcionamento e aplicações

6.13.2 Emissividade e radiação do corpo negro

6.13.3 Vantagens e limitações

6.13.4 Intensidade e distribuição da energia radiante

6.13.5 Medição da temperatura

6.13.6 Pirómetros de radiação total

6.13.7 Pirómetros fotoeléctricos

6.13.8 Pirómetros ópticos

## **7. MEDIÇÃO DE PRESSÃO**

7.1 - Definições

7.2 – Classificação dos instrumentos de medida de pressão

7.3 – Manómetros de equilíbrio de uma coluna de líquido de densidade conhecida

7.3.1 Manómetros de tubo em U

7.3.2 Manómetros de ramo inclinado

7.3.3 Manómetros de tipo reservatório

7.3.4 Manómetro diferencial

7.3.5 Manómetros com flutuador

7.3.6 Líquidos manométricos

7.4 – Manómetros de equilíbrio da força produzida sobre uma área conhecida, com uma força mensurável

7.4.1 Manómetros de anel basculante

7.4.2 Manómetros de campânula

7.5– Manómetros de equilíbrio da força produzida sobre uma área conhecida, com a tensão actuante num meio elástico

7.5.1 Manómetros tipo Bourdon

7.5.2 Manómetros de cápsula

7.5.3 Manómetros de fole

7.5.4 Manómetros de diafragma

7.5.5 Manómetros de êmbolo

7.6 – Calibração dos manómetros

7.7– Sistemas de vedação e de purgas

7.7.1– Sistemas de vedação sólida

7.7.2– Sistemas de vedação líquida

7.7.3– Protecção por purgas contínuas

7.8 – Amortecimento das pulsações

7.9 – Instalação de manómetros

## **8. MEDIÇÃO DE NÍVEL**

### 8.1 – Métodos directos

- 8.1.1 – Tubo “overflow”
- 8.1.2 – Indicador do tipo gancho
- 8.1.3 – Visor de vidro
- 8.1.4 – Níveis de flutuador

### 8.2 – Métodos indirectos

- 8.2.1 – Medidores de nível por medição de pressão
  - 8.2.1.1 – Manómetros de tubo em U
  - 8.2.1.2 – Níveis de borbulhador
  - 8.2.1.3 – Níveis de diafragma
  - 8.2.1.4 – D/P cell
- 8.2.2 – Medidores de nível por medição de impulsão: Níveis de deslocador
- 8.2.3 – Níveis capacitivos
- 8.2.4 – Detector de nível condutivo
- 8.2.5 – Níveis radioactivos
- 8.2.6 – Níveis ultra-sónicos
- 8.2.7 – Níveis de apalpador automático
- 8.2.8 – Detector de nível de lâminas vibrantes

## **9. MEDIÇÃO DE CAUDAL**

### 9.1 – Métodos de medição de caudal

### 9.2 – Medidores de velocidade

- 9.2.1 – Medidores de pressão diferencial
  - 9.2.1.1 – Medidor de orifício
  - 9.2.1.2 – Tubo de Venturi
  - 9.2.1.3 – Tubuladura de venturi
  - 9.2.1.4 – Tubo de Pitot
- 9.2.2 – Medidor de área variável. Rotâmetro
- 9.2.3 – Medidores inferenciais
  - 9.2.3.1 – Rotor de pás múltiplas
  - 9.2.3.2 – Medidores de hélice
  - 9.2.3.3 – Medidores de turbina

### 9.3 – Medidores volumétricos

- 9.3.1 – Medição de caudais de líquidos
  - 9.3.1.1 – Medidor de êmbolo oscilante
  - 9.3.1.2 – Medidor de mutação
  - 9.3.1.3 – Contador de palhetas radiais
  - 9.3.1.4 – Medidor de carretos



9.3.2 – Medição de caudais de gases

9.3.2.1 – Medidor rotativo com vedação hidráulica

9.3.2.2 – Medidor de rodas em oito

9.3.2.3 – Medidor de mutação

9.3.2.4 – Contador de palhetas radiais

9.4 – Medidores electromagnéticos

9.5 – Medidores ultra-sónicos

---

#### IV. Método de Ensino

Aulas teórico-práticas, em que a matéria é explicada referindo casos concretos, sendo complementada por exercícios de aplicação.

Observação de situações concretas em aulas práticas.

Aplicação dos conceitos adquiridos em estudo de casos.

Apoio através de visitas de estudo ou seminários com oradores convidados e outras iniciativas.

---

#### V. Método de avaliação

Frequência e/ou exame final da época normal e de recurso com um valor ponderado de 80 %.  
Apresentação dum tipo de instrumentação de temperatura, pressão, nível, ou caudal 20 %.

A nota da frequência e/ou do exame final deverá ser igual ou superior a 9,5 valores

---

#### VI. Bibliografia

1. I. Nogueira, “*I - Instrumentação - Textos pedagógicos*”, Tomar (1998)
2. I. Nogueira, “*II - Controlo Automático de Processos - Textos pedagógicos*”, Tomar (1998)
3. Jones, E.; “*Instrument Technology- vol I – Measurement of Pressure, Level, Flow and Temperature*”, 3rd ed.; Butterworths, London (1974)
4. Sighieri, L.; Nishinari, “; “*Controle Automático de Processos Industriais – Instrumentação*”, 2nd ed., Edgard Blücher; São Paulo (1973)
5. Ferreira, R. M.; “*Instrumentação e Medidas Industriais – Apontamentos*”, Deptº de Eng. Química da FCTUC (1990)
6. Perry, R.; Green, D.; “*Perry’s Chemical Engineers’ Handbook*”; 6<sup>th</sup> ed.; Mc Graw-Hill; Singapore (1984)

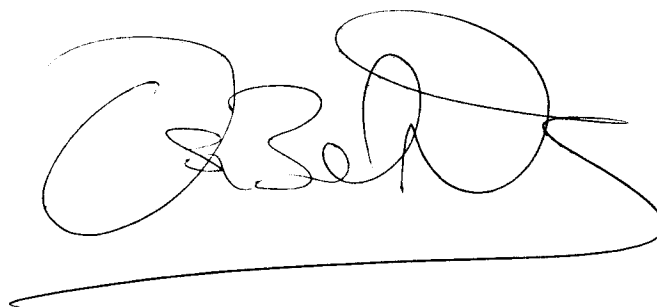


7. Santos Cruz, “*Curso de Instrumentação Industrial*”, CENERTEC, Porto (1990)

8. Gustavo da Silva, “*Instrumentação Industrial*”, Escola Superior Tecnologia – IPS (1999)

Tomar, 20 de Setembro de 2006

O Docente

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom, representing the name Isabel Nogueira.

(Prof<sup>ta</sup>. Coordenadora Isabel Nogueira)