



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR  
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Departamento de Engenharia Química e do Ambiente

Curso de Engenharia Química

**PROGRAMA DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLO**

3º Ano

Ano Lectivo: 2003/2004

Docente: Paula Alexandra Gerales Portugal (Prof. Adjunta)

Regime: Semestral (1º)

Carga Horária: 4 T/P

**OBJECTIVOS:**

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.

**PROGRAMA :**

**1. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

- 1.1 – Definição de instrumento
- 1.2 – Classificação dos instrumentos
- 1.3 – Anel de controlo
- 1.4 – Variáveis medidas em unidades processuais
- 1.5 – Sala de controlo
  - 1.5.1 – Painel de controlo
  - 1.5.2 – Instrumentação numa sala de controlo
  - 1.5.3 – Monitorização do processo
- 1.6 – Caracterização de medidores
  - 1.6.1 – Introdução à medição
  - 1.6.2 – características gerais que definem os sensores
  - 1.6.3 – Cálculo de estimativas de preços
  - 1.6.4 – Metodologia para a selecção de medidores

**2. DIAGRAMAS DE PROCESSO E LAYOUT DE UMA INSTALAÇÃO FABRIL**

- 2.1 – Diagrama de blocos
- 2.2 – Diagrama de Fluxo (Flowsheet)
- 2.3 – Diagrama de serviços auxiliares
- 2.4 – Diagrama de tubagens e instrumentação (DTI)



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR**  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Departamento de Engenharia Química e do Ambiente**

**Curso de Engenharia Química**

- 2.4.1 – Códigos para a designação do equipamento
- 2.4.2 – Códigos para os tipos de linhas (matéria e sinal)
- 2.4.3 – Códigos para ciclos de controlo
- 2.4.4 – Códigos para elementos finais de controlo (válvulas)
- 2.4.5 – Códigos para outros equipamentos e instrumentos

- 2.5 – Diagramas de balanços mássicos e energéticos**
- 2.6 – Diagramas de processo – Síntese e comparação**
- 2.7 – Layout de uma instalação fabril**
  - 2.7.1 – Localização da unidade fabril
  - 2.7.2 – traçado da planta da fábrica

**2.8 – Layout de tubagens**

**3. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA**

- 3.1 – Definições**
- 3.2 – Classificação dos instrumentos de medida de temperatura**
- 3.3 – Termómetros bimetalicos**
- 3.4 – Termómetros de líquido em vidro**
- 3.5 – Termómetros de bolbo e capilar**
- 3.6 – Termómetros de dilatação de líquido**
- 3.7 – Termómetros de dilatação de mercúrio**
- 3.8 – Termómetros de vapor**
- 3.9 – Termómetros de gás**

**3.10– Termopares**

- 3.10.1 – Princípio de funcionamento. Constituição. Efeitos de Peltier e de Thomson
- 3.10.2 – Leis da termometria
- 3.10.3 – Ligação dos termopares
- 3.10.4 – Ligações do termopar ao instrumento de medida
- 3.10.5 – Medição da temperatura com milivoltímetro
- 3.10.6 – Medição da temperatura com circuitos potenciométricos de termopares
- 3.10.7 – Condições exigidas para os metais do termopar
- 3.10.8 – Bainhas pirométricas
- 3.10.9 – Termopares múltiplos
- 3.10.10 – Termopares industriais
- 3.10.11– Instalação dos termopares

**3.11- Termómetros de resistência eléctrica. Termoresistências**

- 3.11.1 – Princípio de funcionamento e constituição
- 3.11.2 – Circuitos de medida com termoresistências
- 3.11.3 – Termómetro de resistência com ponte não equilibrada
- 3.11.4 – Sistema de bobinas cruzadas
- 3.11.5 – Características dos materiais das termoresistências



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

3.11.6 – Vantagens de desvantagens das termoresistências

### **3.12 – Termistores**

#### **3.13– Pirómetros de radiação**

- 3.13.1 – Princípio de funcionamento e aplicações
- 3.13.2 – Emissividade e radiação do corpo negro
- 3.13.3 – Vantagens e limitações
- 3.13.4 – Intensidade e distribuição da energia radiante
- 3.13.5 – Medição da temperatura
- 3.13.6 – Pirómetros de radiação total
- 3.13.7 – Pirómetros fotoeléctricos
- 3.13.8 – Pirómetros ópticos

## **4. MEDIÇÃO DE PRESSÃO**

### **4.1 - Definições**

### **4.2 – Classificação dos instrumentos de medida de pressão**

#### **4.3 – Manómetros de equilíbrio de uma coluna de líquido de densidade conhecida**

- 4.3.1 - Manómetros de tubo em U
- 4.3.2 - Manómetros de ramo inclinado
- 4.3.3 - Manómetros de tipo reservatório
- 4.3.4 - Manómetro diferencial
- 4.3.5 - Manómetros com flutuador
- 4.3.6 - Líquidos manométricos

#### **4.4 – Manómetros de equilíbrio da força produzida sobre uma área conhecida, com uma força mensurável**

- 4.4.1- Manómetros de anel basculante
- 4.4.2- Manómetros de campânula

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

- 4.5.1- Manómetros tipo Bourdon
- 4.5.2- Manómetros de cápsula
- 4.5.3- Manómetros de fole
- 4.5.4- Manómetros de diafragma
- 4.5.5- Manómetros de êmbolo

### **4.6 – Calibração dos manómetros**

#### **4.7– Sistemas de vedação e de purgas**

- 4.7.1– Sistemas de vedação sólida
- 4.7.2– Sistemas de vedação líquida



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

4.7.3– Protecção por purgas contínuas

**4.8 – Amortecimento das Pulsações**

**4.9 – Instalação de manómetros**

## **5. MEDIÇÃO DE NÍVEL**

### **5.1 – Métodos directos**

5.1.1 – Tubo “overflow”

5.1.2 – Indicador do tipo gancho

5.1.3 – Visor de vidro

5.1.4 – Níveis de flutuador

### **5.2 – Métodos indirectos**

5.2.1 – Medidores de nível por medição de pressão

5.2.1.1 – Manómetros de tubo em U

5.2.1.2 – Níveis de borbulhador

5.2.1.3 – Níveis de diafragma

5.2.1.4 – D/P cell

5.2.2 – Medidores de nível por medição de impulsão: Níveis de deslocador

5.2.3 – Níveis capacitivos

5.2.4 – Detector de nível condutivo

5.2.5 – Níveis radioactivos

5.2.6 – Níveis ultra-sónicos

5.2.7 – Níveis de apalpador automático

5.2.8 – Detector de nível de lâminas vibrantes

## **6. MEDIÇÃO DE CAUDAL**

### **6.1 – Métodos de medição de caudal**

#### **6.2 – Medidores de velocidade**

6.2.1 – Medidores de pressão diferencial

6.2.1.1 – Medidor de orifício

6.2.1.2 – Tubo de venturi

6.2.1.3 – Tubuladura de venturi

6.2.1.4 – Tubo de Pitot

6.2.2 – Medidor de área variável. Rotâmetro

6.2.3 – Medidores inferenciais

6.2.3.1 – Rotor de pás múltiplas

6.2.3.2 – Medidores de hélice

6.2.3.3 – Medidores de turbina

#### **6.3 – Medidores volumétricos**



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR  
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Departamento de Engenharia Química e do Ambiente

Curso de Engenharia Química

6.3.1 – Medição de caudais de líquidos

6.3.1.1 – Medidor de êmbolo oscilante

6.3.1.2 – Medidor de mutação

6.3.1.3 – Contador de palhetas radiais

6.3.1.4 – Medidor de carretos

6.3.2 – Medição de caudais de gases

6.3.2.1 – Medidor rotativo com vedação hidráulica

6.3.2.2 – Medidor de rodas em oito

6.3.2.3 – Medidor de mutação

6.3.2.4 – Contador de palhetas radiais

**6.4 – Medidores electromagnéticos**

**6.5 – Medidores ultra-sónicos**

**7. ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLO**

**7.1 – Válvulas de controlo automático**

**7.2 – Actuadores**

7.2.1 – Actuadores pneumáticos

7.2.1.1 – Actuador de diafragma

7.2.1.2 – Actuador de êmbolo

7.2.1.3 – Actuador de motor

7.2.2 – Actuadores eléctricos

7.2.3 – Actuadores hidráulicos

**8. TRANSMISSORES DE SINAL**

**8.1 – Transmissão pneumática**

**8.2 – Transmissão eléctrica**

**8.3 – Transmissão hidráulica**

**8.4 – Transmissão por ondas electromagnéticas**

**8.5 – Transmissão por ondas luminosas**

**8.6 – transmissão por ultra-sons**

**Avaliação:**

Avaliação através da realização de prova escrita de frequência e provas escritas de exames.



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

**Bibliografia:**

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

Tomar, 17 de Setembro de 2003

A Docente,