



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
Curso de ENGENHARIA CIVIL

**DISCIPLINA DE HIDRÁULICA II**

**2º Ano**

**Regime:** Semestral (4º)

**Ano Lectivo:** 2006/2007

**Carga Horária:** 2 T e 4 P

**Docente:** António Dias Cavalheiro, Prof. Coordenador

Maria Eugénia Antunes Arnaldo, Eq. Assistente do 2º Triénio

**OBJECTIVO DA DISCIPLINA**

Proporcionar aos estudantes de Engenharia a aquisição de conhecimentos para uma formação básica em hidráulica essencial ao exercício da profissão de Engenheiro, não só na área de projecto bem como na de gestão de sistemas. Concretamente, esses conhecimentos permitirão ao futuro Engenheiro a resolução de problemas hidráulicos correntes com o cálculo de perdas de carga unitárias e contínuas em escoamentos laminares e turbulentos, dimensionamento de condutas e canais, estudo do fenómeno de golpe de aríete, medições de caudal e pressão, a identificação de problemas hidráulicos mais complexos que requeiram a intervenção de um especialista de hidráulica bem como dialogar com os referidos especialistas.

**PROGRAMA**

**1. Escoamentos variáveis sob pressão**

1.1 Objectivo

1.2 Tipos de escoamentos

1.3 Golpe de Ariete. Análise qualitativa

1.3.1 Fechamento total e instantâneo do obturador

1.3.2 Influência do tempo de fechamento total do obturador

1.3.3 Golpe de Ariete a jusante de bombas

- 1.3.4 Rotura da veia líquida
  - 1.4 Elementos de análise quantitativa do golpe de Ariete
    - 1.4.1 Modelo matemático
    - 1.4.2 Sistema reservatório – conduta – obturador
    - 1.4.3 Conduitas a jusante de bombas ou de turbinas
    - 1.4.4 Sobrepressão após rotura da veia líquida
    - 1.4.5 Sobrepressão por expulsão do ar
  - 1.5 Oscilação em massa
  - 1.6 Protecção de condutas elevatórias contra o golpe de Ariete
  - 1.7 Escoamentos quase-permanentes
- 2. Escoamentos com superfície livre**
- 2.1 Noções gerais e âmbito do estudo
  - 2.2 Escoamentos uniformes
    - 2.2.1 Secções simples
    - 2.2.2 Distribuição de velocidades na secção transversal
    - 2.2.3 Secções fechadas
    - 2.2.4 Secções mistas
    - 2.2.5 Secções compostas
  - 2.3 Regolfo com caudal constante
    - 2.3.1 Teorema de Bernoulli
    - 2.3.2 Energia específica. Função  $E = E(h)$  para  $Q = Q_0$ . Regime crítico, rápido e lento
    - 2.3.3 Função  $h = h(Q)$  para  $E = E_0$
    - 2.3.4 Controlo de escoamento
    - 2.3.5 Tipos de curvas de regolfo em canais prismáticos com caudal constante
    - 2.3.6 Casos de regolfo com caudal constante
      - 2.3.6.1 Objectivo
      - 2.3.6.2 Mudança de declive
      - 2.3.6.3 Queda vertical
      - 2.3.6.4 Passagem brusca de um reservatório para um canal
      - 2.3.6.5 Comporta com abertura inferior
      - 2.3.6.6 Trampolim de saída
    - 2.3.7 Cálculo do regolfo com caudal constante

- 2.3.7.1 Integração numérica em canais prismáticos
- 2.3.7.2 Método clássico das diferenças finitas
- 2.3.7.3 Integração formal

### **3. Escoamentos por orifícios e descarregadores. Medições hidráulicas**

#### 3.1 Introdução

#### 3.2 Orifícios

- 3.2.1 Orifícios em parede delgada
- 3.2.2 Tubos adicionais. Orifícios em paredes espessas
- 3.2.3 Velocidade de chegada
- 3.2.4 Orifícios submersos
- 3.2.5 Orifícios de grandes dimensões em paredes verticais
- 3.2.6 Orifícios regulados por comportas

#### 3.3 Descarregadores

- 3.3.1 Noções gerais
- 3.3.2 Descarregador rectangular de parede delgada
- 3.3.3 Outros tipos de descarregador de parede delgada
- 3.3.4 Descarregador com soleira normal
- 3.3.5 Descarregador de soleira espessa horizontal
- 3.3.6 Canal com queda vertical

#### 3.4 Medição do nível

#### 3.5 Medição da pressão

#### 3.6 Medição da velocidade

#### 3.7 Medição do caudal

- 3.7.1 Métodos volumétricos
- 3.7.2 Orifícios e descarregadores
- 3.7.3 Integração da velocidade
- 3.7.4 Medidores de hélice e contadores volumétricos
- 3.7.5 Aparelhos deprimogéneos ou de pressão diferencial
- 3.7.6 Medição por traçadores
- 3.7.7 Medidores electromagnéticos
- 3.7.8 Medidores por ultra-sons
- 3.7.9 Medidores por vórtices
- 3.7.10 Rotâmetro

- 3.7.11 Medidores por tomadas de pressão em curvas
- 3.7.12 Caleiras Venturi e Parshall
- 3.7.13 Escolha de medidores de caudal
- 3.8 Normas de medições hidráulicas

#### **4. Instalações elevatórias e sobressoras**

- 4.1 Considerações gerais
- 4.2 Diferentes tipos de bombas e suas aplicações
- 4.3 Redes prediais de distribuição de água para fins domésticos e sanitários
  - 4.3.1 Generalidades
  - 4.3.2 Instalações de elevação ou sobrepressão para reservatório
  - 4.3.3 Instalações de elevação ou sobrepressão com bombagem directa
  - 4.3.4 Instalações hidropneumáticas de sobrepressão ou elevação

### **AVALIAÇÃO**

A disciplina terá duas frequências e um trabalho prático de carácter obrigatório. A primeira frequência será realizada em período de aulas e a segunda frequência, na época respectiva, situada no final do semestre. O trabalho prático terá um peso de 20% na nota final. Para obter aprovação os estudantes deverão ter uma nota média igual ou superior a 10 valores, com nota mínima de 2,5 valores na teórica e 5 valores na prática, com um mínimo de 7,5 valores em qualquer das frequências ou exames.

Será realizado um exame em época normal e outro em época de recurso, apenas para os estudantes que tenham obtido nota inferior a 10 valores ou que pretendam efectuar melhoria de nota. Em qualquer dos casos, é obrigatória a entrega do trabalho prático.

### **BIBLIOGRAFIA**

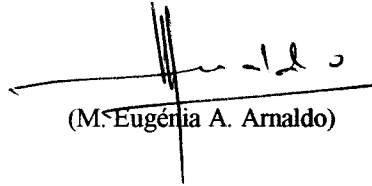
- QUINTELA, A. C. – Hidráulica
- NETTO, A.; ALVAREZ, G. A. – Manual de Hidráulica – Vol. I e II
- LENCASTRE, A. – Hidráulica Geral
- GILES, R. V. – Mecânica dos Fluidos e Hidráulica
- DOUGLAS, J. F. – Solving Problems in Fluid Mechanics – Vol. I e II

PEDROSO, V.M.R. – Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas  
Regulamento geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de  
Drenagem de Águas Residuais

Tomar, 22 de Setembro de 2006



(António Dias Cavalheiro)



(M. Eugénia A. Arnaldo)