

# Sumário

## Hidrologia e recursos hídricos

### 1 Introdução à hidrologia e aos recursos hídricos

- 1.1 Conceitos Gerais
  - 1.2 Breve Nota Sobre a Evolução da Ciência da Hidrologia
    - 1.2.1 A hidrologia na Antiguidade Oriental
    - 1.2.2 A hidrologia na Antiguidade Clássica
    - 1.2.3 A hidrologia na Idade Média e no Renascimento
    - 1.2.4 A hidrologia nos séculos XVII e XVIII
    - 1.2.5 A hidrologia no século XIX e na atualidade
  - 1.3 Reservas Hídricas na Terra
  - 1.4 Utilização da Água
  - 1.5 Alterações Climáticas e seus Impactos
  - 1.6 Exercícios
- Bibliografia

### 2 Ciclo hidrológico - Balanço hídrico

- 2.1 Conceito de Ciclo Hidrológico
  - 2.2 Balanço Hídrico
  - 2.3 Balanços Hídricos Globais
  - 2.4 Exercícios
- Bibliografia

### 3 Caracterização de bacias hidrográficas

- 3.1 Conceito de Bacia Hidrográfica
- 3.2 Características Fisiográficas
- 3.3 Características Geométricas
  - 3.3.1 Área de drenagem
  - 3.3.2 Perímetro
  - 3.3.3 Índice de compacidade
  - 3.3.4 Fator de forma
  - 3.3.5 Retângulo equivalente e índice de alongamento
- 3.4 Características do Sistema de Drenagem
  - 3.4.1 Constância do escoamento
  - 3.4.2 Ordem
  - 3.4.3 Densidade de drenagem e percurso médio sobre o terreno
- 3.5 Características do Relevo
  - 3.5.1 Curva hipsométrica
  - 3.5.2 Altitude média
  - 3.5.3 Altura média
  - 3.5.4 Perfil do rio
  - 3.5.5 Declives do leito
  - 3.5.6 Declive da bacia e índices de declive
  - 3.5.7 Curva hidrodinâmica

- 3.5.8 Coeficientes de massividade e orográfico
- 3.6 Características de Geologia, Solos, Vegetação e Tipo de Ocupação
- 3.7 Exercícios
- Bibliografia

#### **4 Precipitação**

- 4.1 Introdução
- 4.2 Características Gerais e Composição da Atmosfera
- 4.3 A Água e o Ar Húmido
- 4.4 As Nuvens e a Precipitação
- 4.5 Modelos Simplificados de Precipitação
- 4.6 Medição da Precipitação
- 4.7 Precipitação Intensa
- 4.8 Precipitação sobre uma Região
- 4.9 Distribuição Temporal da Precipitação
- 4.10 Distribuição Espacial da Precipitação Anual Média
- 4.11 Exercícios
- Bibliografia

#### **5 Radiação solar**

- 5.1 Introdução
- 5.2 Radiação Solar no Topo da Atmosfera
- 5.3 Interação com a Atmosfera e a Superfície do Globo
- 5.4 Relações Empíricas Locais e Balanço Médio Global
- 5.5 Exercícios
- Bibliografia

#### **6 Evaporação e evapotranspiração**

- 6.1 Introdução
- 6.2 Difusão Turbulenta na Camada Limite
- 6.3 Evaporação de Superfícies de Água
  - 6.3.1 Método aerodinâmico
  - 6.3.2 Método do balanço energético
  - 6.3.3 Método do balanço hídrico
  - 6.3.4 Método combinado aerodinâmico–energético
- 6.4 Evapotranspiração Potencial
- 6.5 Evapotranspiração Cultural de Referência
- 6.6 Evapotranspiração Cultural
- 6.7 Medição da Evaporação e Evapotranspiração
- 6.8 Evapotranspiração Real em Bacias Hidrográficas
- 6.9 Exercícios
- Bibliografia

#### **7 Água no solo**

- 7.1 Introdução
- 7.2 Classificação de Solos
- 7.3 Quantidade de Água no Solo
- 7.4 Tensão Superficial e Capilaridade
- 7.5 Potencial Hidráulico
- 7.6 Relações entre o Teor de Humidade e a Sucção
- 7.7 Generalização da Lei de Darcy. Equação de Richards
- 7.8 Relações entre a Condutividade Hidráulica e a Sucção

- 7.9 Funções de Pedotransferência
- 7.10 Infiltração
- 7.11 Redistribuição da Água no Solo
- 7.12 Exercícios
- Bibliografia

## **8 Água subterrânea**

- 8.1 Introdução
- 8.2 Definições e Conceitos Fundamentais
  - 8.2.1 Aquíferos
  - 8.2.2 Características dos aquíferos
  - 8.2.3 Recarga
- 8.3 Ocorrência de Água Subterrânea
  - 8.3.1 Tipos de rochas
  - 8.3.2 Caracterização dos aquíferos
- 8.4 Hidráulica do Escoamento Subterrâneo
  - 8.4.1 Introdução
  - 8.4.2 Lei de Darcy
  - 8.4.3 Equação da continuidade
  - 8.4.4 Escoamento bidimensional plano. Função potencial e função de corrente
  - 8.4.5 Escoamento bidimensional radial
- 8.5 Escoamento Subterrâneo em Aquíferos Confinados
  - 8.5.1 Escoamento plano num aquífero confinado
  - 8.5.2 Escoamento radial num aquífero confinado
- 8.6 Escoamento Subterrâneo em Aquíferos Freáticos
  - 8.6.1 Hipótese de Dupuit
  - 8.6.2 Escoamento plano num aquífero freático
  - 8.6.3 Escoamento radial num aquífero freático
- 8.7 Escoamento Subterrâneo em Regime Variável
  - 8.7.1 Escoamento radial num aquífero confinado
  - 8.7.2 Escoamento radial num aquífero freático
- 8.8 Escoamento Subterrâneo em Aquíferos Semiconfinados
  - 8.8.1 Equações gerais
  - 8.8.2 Escoamento plano num aquífero semiconfinado
  - 8.8.3 Estabilidade de escavações
- 8.9 Intrusão Salina em Aquíferos Costeiros
  - 8.9.1 Introdução
  - 8.9.2 Teoria de Ghyben–Herzberg
  - 8.9.3 Problemas de exploração
  - 8.9.4 Exploração da água subterrânea em ilhas marítimas
- 8.10 Exercícios
- Bibliografia

## **9 Escoamento superficial**

- 9.1 Introdução
- 9.2 Física do Escoamento Superficial
- 9.3 Escoamento em Canais com Superfície Livre
  - 9.3.1 Equações do movimento
  - 9.3.2 Linhas características
  - 9.3.3 Resolução numérica
  - 9.3.4 Relação de vazão numa secção de um curso de água
  - 9.3.5 Simplificações das equações do escoamento. Ondas difusiva e cinemática

- 9.3.6 Métodos do Muskingum e de Muskingum–Cunge
  - 9.3.7 Aplicabilidade dos modelos de escoamento em canais
  - 9.4 Escoamento sobre um Plano Inclinado
  - 9.5 Escoamento Superficial para um Coletor
  - 9.6 Escoamento Superficial em Bacias Hidrográficas
  - 9.7 Medição do Escoamento Superficial
    - 9.7.1 Introdução
    - 9.7.2 Medição do caudal
    - 9.7.3 Medição da altura hidrométrica
    - 9.7.4 Estabelecimento de curvas de vazão
    - 9.7.5 Obtenção do escoamento em determinado intervalo de tempo
  - 9.8 Distribuição Temporal do Escoamento
  - 9.9 Curvas de Duração Anual do Caudal Médio Diário
  - 9.10 Distribuição do Escoamento Anual
  - 9.11 Exercícios
- Bibliografia

## **10 Modelos de transformação da precipitação em escoamento**

- 10.1 Introdução
  - 10.2 Formação do Escoamento a Partir da Precipitação
  - 10.3 Utilização de Reservatórios na Modelação Conceptual
  - 10.4 Análise de Hidrogramas e de Hietogramas
  - 10.5 Modelos com Discretização Anual
  - 10.6 Modelos Com Discretização Mensal
    - 10.6.1 Modelo de Thornthwaite e Mather
    - 10.6.2 Modelo de Témez
  - 10.7 Parcimónia, Funções-Objetivo, Calibração e Verificação
  - 10.8 Exercícios
- Bibliografia

## **11 Caracterização de cheias**

- 11.1 Introdução
- 11.2 Período de Retorno e Risco Hidrológico
- 11.3 Curva da Precipitação Útil
- 11.4 Determinação do Caudal de Ponta
  - 11.4.1 Métodos empíricos
  - 11.4.2 Tempo de concentração
  - 11.4.3 Métodos cinemáticos
  - 11.4.4 Métodos estatísticos
  - 11.4.5 Cheia máxima provável
- 11.5 Modelo de Réménieras
- 11.6 Método do Hidrograma Unitário
  - 11.6.1 Conceitos gerais e definições
  - 11.6.2 Hidrograma em S
  - 11.6.3 Transformação de hidrogramas unitários
  - 11.6.4 Obtenção do hidrograma unitário
  - 11.6.5 Hidrogramas sintéticos
  - 11.6.6 Hietograma de projeto
- 11.7 Propagação de Cheias em Albufeiras
  - 11.7.1 Situações de propagação de cheias a considerar
  - 11.7.2 Propagação da cheia — descarregador sem comportas
  - 11.7.3 Propagação da cheia — descarregador com comportas

11.8 Mitigação dos Impactos Negativos das Cheias  
11.9 Exercícios  
Bibliografia

## **12 Caracterização de secas**

12.1 Introdução  
12.2 Definições de Seca  
12.3 Metodologias para Caracterização das Secas  
12.3.1 Análise estatística de extremos  
12.3.2 Quantis de precipitação  
12.3.3 Balanço hídrico da camada superficial do solo  
12.3.4 Teoria dos chorrilhos  
12.3.5 Teoria dos chorrilhos modificada  
12.3.6 Índice de precipitação padrão  
12.4 Caracterização de Secas Regionais  
12.5 Monitorização de Secas  
12.6 Previsão de Secas  
12.7 Medidas de Mitigação de Secas  
12.8 Exercícios  
Bibliografia

## **13 Dotações de rega**

13.1 Introdução  
13.2 Evapotranspiração Cultural  
13.3 Dotações de Rega  
13.4 Exercícios  
Bibliografia

## **14 Dimensionamento e exploração de albufeiras**

14.1 Importância das Albufeiras  
14.2 Elementos de Caracterização das Albufeiras  
14.3 Determinação do Volume Morto  
14.4 Determinação da Capacidade Útil da Albufeira  
14.4.1 Capacidade útil e fiabilidade  
14.4.2 Método de Rippl  
14.4.3 Algoritmo dos picos consecutivos  
14.4.4 Modelo de programação linear  
14.4.5 Modelo de simulação  
14.5 Determinação do Volume de Encaixe de Cheias  
14.6 Regras de Exploração de uma Albufeira  
14.7 Impactos Sociais e Ambientais das Albufeiras  
14.8 Exercícios  
Bibliografia

## **15 Caudais ecológicos**

15.1 Introdução  
15.2 Conceito de Caudais Ecológicos  
15.3 Estimação de Caudais Ecológicos  
15.3.1 Componentes do hidrograma  
15.3.2 Metodologias para a estimação dos caudais ecológicos  
15.4 Métodos Hidrológicos  
15.5 Métodos Hidráulicos

## 15.6 Métodos Holísticos — Metodologias Simplificadas

### 15.6.1 Metodologia de Alves e Bernardo

### 15.6.2 Metodologia de Hughes e Munster

### 15.7 Exercícios

### Bibliografia

## **16 Gestão integrada dos recursos hídricos**

### 16.1 Introdução

### 16.2 Funções da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

#### 16.2.1 Principais funções da gestão integrada dos recursos hídricos

#### 16.2.2 Monitorização dos recursos hídricos

#### 16.2.3 Controlo da poluição

#### 16.2.4 Atribuição de direitos de utilização da água

#### 16.2.5 Gestão de cheias e secas

#### 16.2.6 Gestão económica

#### 16.2.7 Gestão da informação

#### 16.2.8 Envolvimento das partes interessadas

### 16.3 Planeamento dos Recursos Hídricos

#### 16.3.1 Objetivos e conteúdo do plano de recursos hídricos

#### 16.3.2 Modelos matemáticos no planeamento de recursos hídricos

#### 16.3.3 Modelo de programação linear

#### 16.3.4 Modelo de simulação

#### 16.3.5 Geração sintética de escoamentos

### 16.4 Exercícios

### Bibliografia

## **Anexo - Estatística aplicada à hidrologia**

### A.1 Objectivos

### A.2 Definições

### A.3 Funções de Distribuição, Duração e Densidade de Probabilidades

### A.4 Período de Retorno e Risco Hidrológico

### A.5 Estatísticas Descritivas de uma População e de uma Amostra

#### A.5.1 Introdução

#### A.5.2 Momentos da População e da Amostra

#### A.5.3 Tendência Central

#### A.5.4 Dispersão

#### A.5.5 Assimetria

#### A.5.6 Quantis

### A.6 Ajustamento de uma Amostra a uma Distribuição Teórica de Probabilidades

### A.7 Aleatoriedade de uma Série Hidrológica

#### A.7.1 Testes de Aleatoriedade

#### A.7.2 Teste de Wald–Wolfowitz

#### A.7.3 Teste do Número de Extremos Locais

#### A.7.4 Teste do Coeficiente de Autocorrelação

#### A.7.5 Teste de Ordenação

### A.8 Ajustamento da Distribuição

#### A.8.1 Métodos para o Ajustamento da Distribuição

#### A.8.2 Método dos Momentos

#### A.8.3 Método da Máxima Verosimilhança

#### A.8.4 Método do Mínimo dos Quadrados

### A.9 Funções de Distribuição de Variável Discreta

#### A.9.1 Processos de Bernoulli

- A.9.2 Distribuição Binomial
- A.9.3 Distribuição Geométrica
- A.9.4 Distribuição Binomial Negativa
- A.9.5 Distribuição de Poisson
- A.10 Funções de Distribuição de Variável Contínua
- A.10.1 Funções de Distribuição Consideradas
- A.10.2 Distribuição Normal (Lei de Gauss)
- A.10.3 Distribuição log-Normal de 2 Parâmetros (Lei de Galton)
- A.10.4 Distribuição log-Normal de 3 Parâmetros
- A.10.5 Distribuição de Gumbel
- A.10.6 Distribuição de Fréchet
- A.10.7 Distribuição de Weibull
- A.10.8 Distribuição de Goodrich
- A.10.9 Distribuição Gama de 2 Parâmetros
- A.10.10 Distribuição de Pearson Tipo III
- A.10.11 Distribuição log-Pearson Tipo III
- A.10.12 Método dos Fatores de Probabilidade
- A.11 Avaliação dos Modelos 762
- A.11.1 Metodologia de Avaliação dos Modelos
- A.11.2 Ajustamento Gráfico e Papel de Probabilidade
- A.11.3 Teste do Qui-Quadrado
- A.11.4 Teste de Kolmogorov-Smirnov
- A.11.5 Utilização do Modelo para Previsão de Valores Extremos
- A.12 Correlação e Regressão Lineares
- A.12.1 Correlação e Regressão Lineares Simples
- A.12.2 Transformação de Variáveis
- A.12.3 Correlação e Regressão Lineares Múltiplas
- A.13 Exercícios
- Bibliografia

**Créditos de imagens**

**Índice remissivo**

**Índice onomástico**