

# SUMÁRIO

## Prefácio

### Capítulo 1 - Aspectos Agronômicos Básicos

1.1 – Introdução	11
1.2 – Relação Solo-Água-Planta	11
1.2.1 – Características Físicas do Solo	11
1.2.2 – Água no Solo Disponível para as Plantas	15
1.2.3 – Capacidade de Campo	15
1.2.4 – Ponto de Murcha	16
1.2.5 – Disponibilidade Total de Água no Solo	17
1.2.6 – Profundidade do Sistema Radicular	17
1.2.7 – Déficit Hídrico Tolerável	18
1.2.8 – Água Facilmente Utilizável - Lâmina de Irrigação Líquida Máxima	19
1.3 – Necessidades Hídricas das Culturas	20
1.3.1 – A Evapotranspiração - Coeficiente de Cultivo	20
1.3.2 – Estimativa da Evapotranspiração Potencial	23
1.3.3 – Necessidades de Irrigação - Balanço Hídrico	25
1.3.4 – Frequência de Irrigação	27
1.3.5 – Necessidade de Lixiviação	29

### Capítulo 2 - Irrigação por Aspersão

2.1 – Emprego da Irrigação por Aspersão	31
2.1.1 – Introdução	31
2.1.2 – Descrição dos Aspersores	32
2.2 – Sistemas de Aspersão Convencionais	34
2.2.1 – Sistemas Portáteis	34
2.2.2 – Sistemas Semiportáteis	35
2.2.3 – Sistemas Fixos	36
2.3 – Sistemas de Aspersão não Convencionais	37
2.3.1 – Canhão Hidráulico	38
2.3.2 – Pivô Central	40
2.4 – Características Hidráulicas dos Aspersores	46
2.4.1 – Vazão	46
2.4.2 – Alcance	47
2.4.3 – Pulverização	48
2.4.4 – Eficiência	49
2.4.5 – Precipitação	50

2.5 – Distribuição dos Aspersores nos Sistemas Convencionais	52
2.5.1 – Disposição dos Aspersores	53
2.5.2 – Espaçamentos Convencionais	57
2.5.3 – Catálogos de Aspersores	58
2.6 – Uniformidade e Eficiência da Irrigação por Aspersão	59
2.6.1 – Grau de Uniformidade	59
2.6.2 – Eficiência da Irrigação	64
2.7 – Distribuição das Linhas Laterais e Traçado das Tubulações no Interior das Parcelas de Irrigação	66

### **Capítulo 3 - Irrigação por Gotejamento e Microaspersão**

3.1 – Característica e Emprego da Irrigação por Gotejamento	71
3.2 – Componentes do Sistema	73
3.2.1 – Introdução	73
3.2.2 – Cabeçal de Controle	75
3.2.3 – Gotejadores	80
3.3 – Uniformidade e Eficiência da Irrigação por Gotejamento	85
3.4 – Projeto de uma Instalação de Irrigação por Gotejamento	88
3.4.1 – Quantidade de Água Requerida pela Instalação	89
3.4.2 – Esquema da Instalação e Critério de Dimensionamento	95
3.5 – Sistema de Irrigação por Gotejamento Subterrâneo	97
3.6 – Sistema de Irrigação por Microaspersão	101

### **Capítulo 4 - Dimensionamento das Tubulações das Redes de Irrigação**

4.1 – Introdução	105
4.2 – Escoamento e Regime do Fluxo d'Água nas Tubulações	105
4.3 – Fundamentos Hidráulicos Básicos	107
4.4 – Perda de Carga ao Longo do Conduto	108
4.5 – Perdas de Carga Localizadas	112
4.6 – Dimensionamento das Linhas Laterais dos Sistemas de Aspersão Convencional	113
4.7 – Dimensionamento das Linhas Laterais e Tubulações de Derivação dos Sistemas Por Gotejamento e Microaspersão	123
4.8 – Dimensionamento das Tubulações Principais e Secundárias – Redes de Distribuição	129
4.8.1 – Introdução	129
4.8.2 – Método da Perda de Carga Unitária Constante	131
4.9 – Tipos de Tubos	137

**Capítulo 5 - Perímetros de Irrigação Pressurizados**

5.1 – Introdução	141
5.2 – Condicionantes Básicos	142
5.2.1 – Disposição das Parcelas de Irrigação e Posição dos Pontos de Tomada d'Água	142
5.2.2 – Modalidade de Irrigação	144
5.3 – Traçado das Redes Coletivas de Distribuição	145
5.4 – Vazões Transportadas pelos Trechos das Redes Coletivas	147
5.4.1 – Introdução	147
5.4.2 – Parâmetros de Cálculo das Vazões	148
5.4.3 – Método de Clément	150

**Capítulo 6 – Estações de Bombeamento**

6.1 – Introdução	155
6.2 – Bombas Hidráulicas	155
6.2.1 – Classificação das Bombas Centrífugas	157
6.3 – Alturas Geométricas e Manométricas, Potências, Rendimentos e Perdas	158
6.4 – Curvas Características das Bombas	166
6.5 – Ensaios de Bombas	169
6.6 – Curvas do Sistema e Ponto de Trabalho	173
6.7 – Relações entre Grandezas Características das Bombas	175
6.8 – Altura de Aspiração, Cavitação e NPSH	176
6.9 – Associação de Bombas	179
6.10 – Acionamento Elétrico	183
6.11 – Variação da Velocidade de Rotação e Inversores de Frequência	185
6.12 – Sistema de Bombeamento Acionado por Inversor de Frequência	189

**Capítulo 7 – Modelagem Hidráulica de Sistemas de Irrigação**

7.1 – Modelagem Hidráulica - O Modelo Epanet	191
7.2 – Exemplo Aplicado a um Sistema Coletivo de Irrigação	193
7.2.1 – Traçado da Rede	196
7.2.2 – Propriedade dos Objetos da Rede	197
7.2.3 – Executar uma Simulação Dinâmica	200
7.2.4 – Energia do Bombeamento	203

**Capítulo 8 – Dimensionamento Otimizado de Redes e Estações Elevatórias**

8.1 – Introdução	205
8.2 – Dimensionamento Econômico de Estações Elevatórias	206

8.2.1 – Custo de Implantação do Sistema	208
8.2.2 – Custo da Energia de Bombeamento	208
8.2.3 – Custo Total do Sistema	209
8.3 – Dimensionamento Econômico de Redes de Abastecimento – Método Lenhsnet	215
8.3.1 – Introdução	215
8.3.2 – Desenvolvimento do Método	217
8.3.3 – O Programa Lenhsnet	221
8.3.4 – Exemplo Aplicado a uma Rede Coletiva de Irrigação	225
<b>Capítulo 9 – Automação em Sistemas de Irrigação</b>	
9.1 – Introdução	229
9.2 – Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados	231
9.2.1 – Instrumentação para Medição e Controle	232
9.2.2 – Estações Remotas	234
9.2.3 – Rede de Comunicação	235
9.2.4 – Sistemas de Supervisão e Controle	236
9.3 – Controlador Lógico Programável	239
9.4 – Aplicação de Automação em Canais	242
9.5 – Sistemas de Controle	246
9.6 – Outras Aplicações de Automação	250
9.6.1 – Sistema de Irrigação Operando em Tempo Real	250
9.6.2 – Sistemas de Irrigação com Controladores Comerciais	251
9.6.3 – Sistema de Bombeamento com Controle Liga/Desliga	252
9.6.4 – Sistema de Bombeamento Típico com Medição de Vazão e Pressão	253
<b>Apêndice A: Exemplos de Dimensionamento de Sistemas de Irrigação Pressurizada</b>	
A.1 – Dimensionamento de um Sistema por Aspersão Convencional	255
A.2 – Dimensionamento de um Sistema por Gotejamento e Microaspersão	264
<b>Bibliografia</b>	279