

# Sumário

<i>Apresentação</i> .....	<i>IX</i>
<i>Prefácio</i> .....	<i>XI</i>
 <i>Capítulo 1</i>	
<i>Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica</i> .....	<i>1</i>
1.1 Visão Geral de um Sistema Elétrico de Potência .....	1
1.2 Sistemas de Distribuição Emergentes .....	6
1.3 Por Que Especializar-se na Área de Distribuição de Energia Elétrica? .....	8
Referências .....	10
 <i>Capítulo 2</i>	
<i>Tarifação em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica</i> .....	<i>11</i>
2.1 Tipos de Consumidores Conectados em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica .....	11
2.2 Termos Técnicos Envolvendo o Cálculo de Demanda Elétrica .....	16
2.2.1 Demanda Elétrica .....	16
2.2.2 Fator de Carga .....	24
2.2.3 Fator de Utilização .....	25
2.2.4 Fator de Diversidade .....	25
2.2.5 Fator de Alocação .....	29
Referências .....	31
 <i>Capítulo 3</i>	
<i>Geração Distribuída e Sistema de Compensação de Créditos</i> .....	<i>33</i>
3.1 Introdução .....	33
3.2 Definição de Geração Distribuída em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica .....	33

3.3	Histórico da Regulamentação de Geração Distribuída no Brasil. . . . .	38
3.4	Aspectos Gerais da Geração Distribuída. . . . .	38
3.5	Sistema de Compensação de Energia Elétrica. . . . .	40
	Referências . . . . .	54

## Capítulo 4

	<i>Impedância Série de Linhas Aéreas e Subterrâneas</i> . . . . .	55
4.1	Impedâncias Série de Linhas Aéreas . . . . .	58
4.1.1	Efeito Indutivo em Condutores Elétricos. . . . .	58
4.1.2	Indutâncias Próprias e Mútuas em Condutores Elétricos. . . . .	60
4.1.3	Linhas de Distribuição de Energia Elétrica não Transpostas . . . . .	63
4.1.4	Utilização da Técnica de Redução de Kron para Redução de Matrizes de Impedâncias. . . . .	68
4.1.5	Exemplos de Cálculos de Matrizes de Impedâncias em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica . . . . .	70
4.2	Impedâncias Série de Linhas Subterrâneas . . . . .	80
4.2.1	Impedâncias Série de Cabos Subterrâneos de Neutros Concêntricos. . . . .	80
4.2.2	Impedâncias Série de Cabos Subterrâneos Blindados em Fita. . . . .	90
	Referências . . . . .	94

## Capítulo 5

	<i>Admitâncias Shunt de Linhas Aéreas e Subterrâneas</i> . . . . .	97
5.1	Introdução sobre o Efeito Capacitivo de Linhas de Distribuição de Energia Elétrica . . . . .	97
5.2	Modelagem Matemática de Matrizes de Admitâncias <i>Shunt</i> de Linhas Aéreas. . . . .	100
5.2.1	Equacionamento Geral de Admitâncias <i>Shunt</i> de Linhas Aéreas. . . . .	100
5.2.2	Exemplos de Cálculos de Admitâncias <i>Shunt</i> de Linhas Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica. . . . .	104
5.3	Modelagem Matemática de Admitâncias <i>Shunt</i> em Linhas Subterrâneas. . . . .	118
5.3.1	Linhas Subterrâneas de Cabos de Neutros Concêntricos . . . . .	118

5.3.2 Linhas Subterrâneas de Cabos Blindados por Fita .....	125
Referências .....	128
 <i>Capítulo 6</i>	
<i>Cálculo de Fluxo de Potência em Diferentes Modelos de Linhas de Distribuição de Energia Elétrica</i> .....	129
6.1 Introdução .....	129
6.2 Modelos de Linhas de Distribuição de Energia Elétrica .....	130
6.2.1 Modelo de Linha de Distribuição de Energia Elétrica Completo .....	130
6.2.2 Modelo de Linha de Distribuição Simplificado .....	141
6.2.3 Modelo de Linha de Distribuição Aproximado .....	145
6.3 Fluxo de Potência Trifásico para Linhas de Distribuição de Energia Elétrica .....	150
6.3.1 Visão Geral da Técnica Iterativa de Resolução de Fluxo de Potência .....	150
Referências .....	159
 <i>Capítulo 7</i>	
<i>Regulação de Tensão.</i> .....	161
7.1 Modelo Matemático de um Transformador Monofásico com Dois Enrolamentos .....	161
7.2 Modelo Matemático de Autotransformador com Dois Enrolamentos .....	167
7.3 Relações de Valores Nominais e por Unidade entre Transformador e Autotransformador. ....	173
7.4 Reguladores de Passo de Tensão Monofásicos .....	180
7.4.1 Reguladores de Passo de Tensão do Tipo B Monofásico na Posição de Aumento .....	182
7.4.2 Reguladores de Passo de Tensão do Tipo B Monofásico na Posição de Diminuição .....	183
7.4.3 Circuito Interno do Regulador de Tensão Monofásico do Tipo B. ....	184
7.4.4 Relação entre a Variável $a_R$ e o Valor do Tap do Regulador de Tensão Monofásico Tipo B. ....	188
7.5 Reguladores de Passo de Tensão Trifásicos Tipo B .....	194

7.5.1	Conexão em Estrela de Regulador de Passo de Tensão Trifásico Tipo B . . . . .	195
7.5.2	Conexão em Delta Fechado de Regulador de Passo de Tensão Trifásico Tipo B . . . . .	207
7.5.3	Conexão em Delta Aberto de Regulador de Passo de Tensão Trifásico Tipo B . . . . .	212
	Referências . . . . .	232
 <b>Capítulo 8</b>		
	<i>Modelo de Injeção de Corrente para Cálculo de Fluxo de Potência Trifásico. . . . .</i>	<i>233</i>
8.1	Introdução . . . . .	233
8.1.1	Modelagem do Fluxo de Potência . . . . .	234
8.1.2	Métodos de Solução do Fluxo de Potência . . . . .	234
8.2	Modelo de Injeção de Corrente para Fluxo de Potência . . . . .	235
8.2.1	Lei de Kirchhoff das Correntes . . . . .	236
8.2.2	Modelagem das Correntes como Função das Tensões Nodais . . . . .	237
8.2.3	Formulação do Balanço de Correntes de Forma Matricial . . . . .	242
8.2.4	Matriz de Admitância Nodal para Sistemas Trifásicos . . . . .	242
8.3	Método de Newton-Raphson . . . . .	252
8.3.1	Aplicação do Método de Newton-Raphson ao Modelo de Injeção de Corrente . . . . .	253
8.4	Exemplos de Cálculo de Fluxo de Potência . . . . .	259
	Referências . . . . .	274
	<i>Apêndice A . . . . .</i>	<i>275</i>
 <b>Capítulo 9</b>		
	<i>Geração Distribuída e seus Impactos nos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. . . . .</i>	<i>295</i>
9.1	Introdução . . . . .	295
9.2	Geração Distribuída . . . . .	295
9.2.1	Vantagens da Integração de Geração Distribuída . . . . .	297
9.3	Impactos da Geração Distribuída . . . . .	298
9.3.1	Fluxo de Potência Reverso . . . . .	298
9.3.2	Perdas Ôhmicas e Sobrecargas . . . . .	302
9.3.3	Qualidade da Energia . . . . .	304

---

9.4 Casos de Estudo . . . . .	310
9.4.1 Caso 1: Sobretensão . . . . .	311
9.4.2 Caso 2: Fluxo Reverso . . . . .	313
9.4.3 Caso 3: Perdas . . . . .	315
9.4.4 Comentários Finais . . . . .	316
Referências . . . . .	317
 <i>Capítulo 10</i>	
<i>Determinação da Capacidade de Hospedagem em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica . . . . .</i>	<i>321</i>
10.1 Introdução . . . . .	321
10.2 Metodologia para Determinar a Capacidade de Hospedagem . . . . .	323
10.2.1 Descrição da Metodologia . . . . .	323
10.3 Casos de Estudo . . . . .	327
10.3.1 Dados Utilizados nas Simulações . . . . .	327
10.3.2 Determinação da Capacidade de Hospedagem do Sistema IEEE de Quatro Barramentos . . . . .	328
10.3.3 Determinação da Capacidade de Hospedagem do Sistema IEEE de 34 Barramentos . . . . .	329
10.3.4 Determinação da Capacidade de Hospedagem do Sistema IEEE de 123 Barramentos . . . . .	331
10.3.5 Comentários Finais . . . . .	333
Referências . . . . .	333
<i>Currículo dos Autores . . . . .</i>	<i>335</i>

