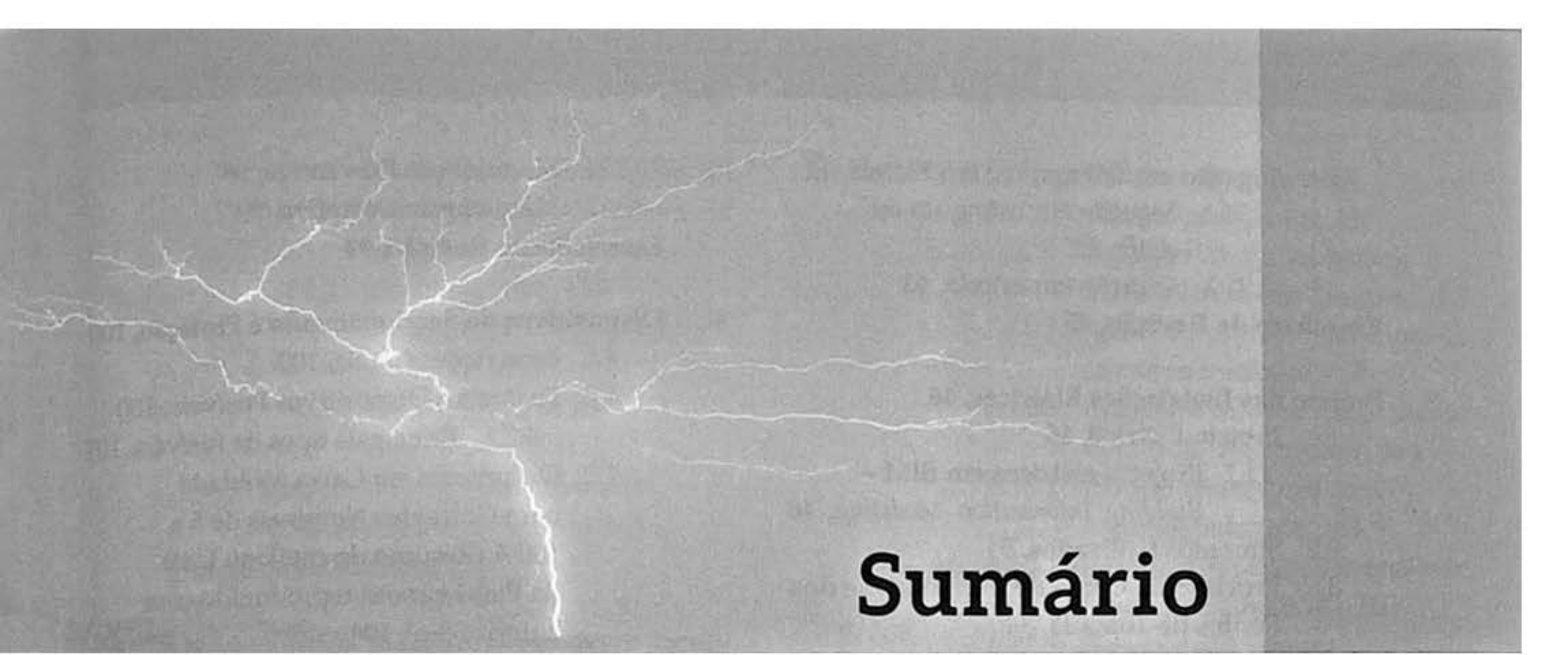




Sumário

- 1 **Introdução às Instalações Elétricas de Baixa Tensão, 1**
 - 1.1 Generalidades, 1
 - 1.2 Geração de Energia Elétrica, 1
 - 1.2.1 Geração hidrelétrica e térmica, 2
 - 1.3 Transmissão, 3
 - 1.4 Distribuição, 4
 - 1.5 Entrada de Energia dos Consumidores, 7
 - 1.6 Alternativas Energéticas, 7
 - 1.6.1 Geração eólica, 8
 - 1.6.2 Geração fotovoltaica (solar), 9
 - 1.6.3 Geração nuclear, 10
 - 1.6.4 Geração undielétrica (maremotriz), 10

Exercícios de Revisão, 11
- 2 **Conceitos Básicos Necessários aos Projetos das Instalações Elétricas, 12**
 - 2.1 Preliminares, 12
 - 2.2 Composição da Matéria, 13
 - 2.3 Carga Elétrica, 14
 - 2.4 Diferença de Potencial ou Tensão Elétrica, 14
 - 2.5 Corrente Elétrica, 14
 - 2.6 Resistência Elétrica, 15
 - 2.7 Lei de Ohm e Queda de Tensão, 17
 - 2.8 Circuitos Séries, 17
 - 2.9 Circuitos Paralelos, 18
 - 2.10 Circuitos Mistos, 18
 - 2.11 Potência Elétrica, 20
 - 2.11.1 Medidores de potência, 21
 - 2.12 Energia Elétrica, 21
 - 2.12.1 Medidores de energia, 24
 - 2.13 Noções de Magnetismo e Campo Magnético, 25
 - 2.13.1 Magnetismo, 25
 - 2.13.2 Campo magnético, 26
 - 2.13.3 Campo magnético ao redor de um condutor, 26
 - 2.13.4 Campo magnético de dois condutores paralelos, 27
 - 2.13.5 Campo magnético de um solenoide, 27
 - 2.13.6 Força do campo magnético, 27
 - 2.14 Processos de Geração de Força Eletromotriz (F.E.M.), 28
 - 2.15 Indução Eletromagnética, 28
 - 2.16 Força Eletromotriz (F.E.M.), 30
 - 2.17 Corrente Contínua e Corrente Alternada, 31
 - 2.17.1 Ondas senoidais, 32
 - 2.17.2 Valor eficaz ou rms – *root mean square*, 33
 - 2.17.3 Aplicação do valor eficaz ou rms, 34
 - 2.18 Circuitos de Corrente Alternada em Regime Permanente, 35
 - 2.18.1 Circuito puramente resistivo – R , 35
 - 2.18.2 Circuito permanente indutivo – L , 36
 - 2.18.3 Circuito puramente capacitivo – C , 37
 - 2.18.4 Circuito RLC, 37
 - 2.19 Fator de Potência, 40
 - 2.20 Geradores Monofásicos e Trifásicos, 42

- 2.21 Ligação em Triângulo e em Estrela, 42
 - 2.21.1 Ligação em triângulo ou delta, 42
 - 2.21.2 Ligação em estrela, 43
- Exercícios de Revisão, 45
- 3 Projeto das Instalações Elétricas, 46
 - 3.1 Projeto Elétrico, 46
 - 3.1.1 Projetos elétricos em BIM – *Building Information Modeling*, 46
 - 3.2 Símbolos Utilizados, 51
 - 3.3 Previsão da Carga de Iluminação e dos Pontos de Tomada, 54
 - 3.3.1 Generalidades, 54
 - 3.3.2 Carga de iluminação, 54
 - 3.3.3 Pontos de tomada de uso geral, 55
 - 3.3.4 Pontos de tomada de uso específico, 56
 - 3.4 Divisão das Cargas da Instalação, 56
 - 3.5 Dispositivos de Comando dos Circuitos, 57
 - 3.5.1 Interruptores, 57
 - 3.5.2 Minuteria e sensor de presença, 60
 - 3.5.3 Contatores e chaves magnéticas, 62
 - 3.5.4 Controle da intensidade luminosa de lâmpadas, 63
 - 3.5.5 Sistema de boias em reservatórios, 65
 - 3.6 Condutores e Linhas Elétricas, 67
 - 3.6.1 Condutores, componentes e dimensionamento, 67
 - 3.7 Dimensionamento dos Condutores pelo Critério da Queda de Tensão Admissível, 86
 - 3.7.1 Quedas de tensão admissíveis, 86
 - 3.8 Dimensionamento de Alimentadores e Circuitos de Distribuição, 90
 - 3.8.1 Fator de demanda, 90
 - 3.8.2 Fator de diversidade, 92
 - 3.9 Eletrodutos, 94
 - 3.9.1 Prescrições para instalação, 94
 - 3.9.2 Dimensionamento, 94
 - 3.10 Documentação e Inspeção Final da Instalação, 97
 - 3.10.1 Prescrições gerais, 97
 - 3.10.2 Inspeção visual, 97
 - 3.10.3 Ensaios, 98
 - 3.11 Manutenção Preventiva, 98
 - 3.12 Manutenção Corretiva, 99
 - Exercícios de Revisão, 99
- 4 Dispositivos de Seccionamento e Proteção, 100
 - 4.1 Prescrições Gerais, 100
 - 4.2 Fusíveis e Dispositivos Fusíveis, 100
 - 4.2.1 Principais tipos de fusíveis, 101
 - 4.3 Disjuntores em Caixa Moldada para Correntes Nominais de 5 a 100 A (Resumo do catálogo Unic da Pial-Legrand reproduzido com autorização), 104
 - 4.4 Proteção Contra Corrente de Sobrecarga, 104
 - 4.5 Proteção Contra Corrente de Curto-Circuito, 108
 - 4.5.1 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos, 109
 - 4.5.2 Limitação das sobrecorrentes através das características da alimentação, 110
 - 4.5.3 Coordenação entre a proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos, 111
 - 4.5.4 Correntes de curtos-circuitos presumidas, 111
 - 4.6 Coordenação e Seletividade da Proteção, 113
 - 4.7 Os Dispositivos Diferencial-Residuais (DR)
 - 4.7.1 Aplicação dos dispositivos DR (ver item 5.1.3.2 da NBR 5410:2004), 116
 - 4.7.2 Observações complementares, 118
 - 4.7.3 Condições gerais da instalação dos dispositivos DR, 120
 - 4.7.4 Seleção dos equipamentos DR de acordo com o seu modo de funcionamento, 121
 - 4.7.5 Associação entre dispositivos de proteção à corrente diferencial residual e dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, 121
 - 4.8 Dispositivos de Proteção contra Sobretensões Transitórias (DPS), 122

4.8.1	Nível de proteção efetivo, 122	6.1.7	Circuitos dos ramais – dimensionamentos, 157
4.8.2	Instalação dos limitadores de sobretensão, 122	6.1.8	Proteção contra sobrecarga e curto-circuito dos motores, 158
4.8.3	Ligação à terra, 123	6.1.9	Ajuste da proteção dos motores contra sobrecargas, 158
4.8.4	Condutores de ligação do limitador, 124	6.1.10	Dispositivos de seccionamento e controle dos motores, 161
4.8.5	Coordenação com para-raios, 125	6.1.11	Partida de motores com corrente reduzida, 161
4.9	Dispositivos de Proteção contra Quedas e Falhas de Tensão, 125	6.1.12	Partida direta com inversão de rotação (Figura 6.18), 165
Exercícios de Revisão, 125		6.1.13	Queda de tensão na partida do motor, 166
5	Aterramento de Instalações em Baixa Tensão – BT, 126	6.1.14	Potência necessária de um motor, 167
5.1	Sistemas de Aterramento em BT, 126	6.1.15	Regras práticas para a escolha de um motor, 168
5.1.1	Integração dos aterramentos, 127	6.1.16	Controle da velocidade dos motores de indução e de corrente contínua, 172
5.2	Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado, 128	6.2	Instalações Elétricas para Serviços de Segurança, 175
5.2.1	Esquema TN, 130	6.2.1	Exemplos de Instalação de Segurança, 179
5.2.2	Esquema TT, 131	6.3	Controles com Intertravamento, 181
5.2.3	Esquema IT, 131	Exercícios de Revisão, 188	
5.3	Eletrodos de Aterramento, 131	7	Geração Fotovoltaica, 189
5.3.1	Ligações de aterramento, 134	7.1	Introdução, 189
5.4	Condutores de Proteção, 137	7.2	Regulamentação e Normas Técnicas, 189
5.5	Aterramento de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis, 139	7.3	Estudo de Caso – GD com Sistema Fotovoltaico, 190
5.6	Aterramento em Armaduras de Estruturas de Concreto, 140	7.3.1	Dimensionamento, 191
5.7	Tensões Associadas ao Aterramento, 144	7.3.2	Projeto e homologação, 195
5.7.1	Segurança humana em instalações de baixa tensão, 144	7.3.3	Instalação do sistema, 197
5.7.2	Tensão de falta (tensão total em relação à terra) (V_f), 145	7.3.4	Comissionamento, 199
5.7.3	Tensão de toque (V_B), 145	7.3.5	Monitoramento, 200
5.7.4	Tensão de passo (V_p), 146	7.3.6	Manutenção, 201
6	Instalações para Força Motriz e Serviços de Segurança, 147	7.3.7	Avaliação de resultados, 201
6.1	Instalações de Motores, 147	8	Instalações de Para-raios Prediais, 203
6.1.1	Generalidades, 147	8.1	Generalidades sobre os Raios, 203
6.1.2	Classificação dos motores, 148	8.1.1	Formação das nuvens de tempestade, 203
6.1.3	Aplicação dos motores, 148	8.1.2	Separação de cargas nas nuvens, 203
6.1.4	Identificação dos motores, 149	8.1.3	Formação do raio, 204
6.1.5	Esquemas típicos para instalação de motores, 152	8.1.4	Parâmetros dos raios, 205
6.1.6	Circuitos alimentadores – dimensionamentos, 154		

8.2	Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA, 207	9.7.3	Transformadores em vazio ou com pequenas cargas, 236
8.2.1	Modelo eletrogeométrico (Método da esfera rolante), 208	9.8	Localização dos Capacitores, 236
8.2.2	Método de Franklin (Método do ângulo de proteção), 210	9.9	Capacitores junto às Grandes Cargas Indutivas, 238
8.2.3	Método de Faraday (Método das malhas), 210	9.10	Capacitores no Secundário dos Transformadores, 238
8.3	Descidas, 211	9.11	Níveis Admissíveis Máximos de Tensão e de Corrente, 239
8.4	Critérios da Norma Brasileira – NBR 5419:2015, 212	9.12	Dispositivos de Manobra e Proteção dos Capacitores, 239
8.4.1	Aterramento do SPDA, 212	9.13	Capacidade de Corrente dos Condutores, 240
8.4.2	Testes de continuidade, 213	9.14	Liberação de Capacidade do Sistema, 240
8.4.3	Classificação das instalações, 214	9.15	Bancos Automáticos de Capacitores, 241
8.4.4	Rede captora de raios, 216	9.16	Harmônicos × Capacitores, 242
8.4.5	Proximidade do SPDA com outras instalações, 217	9.17	Instalação de Capacitores no Lado de Alta Tensão, 244
8.4.6	Equipotencialização e materiais, 218	9.18	Estudo de Correção do Fator de Potência, 246
8.4.7	Aplicação da norma a uma edificação, 220	9.19	Dados para os Projetos, 247
8.5	Materiais Utilizados em Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA, 221		Exercícios de Revisão, 249
8.6	Exemplos de Instalações de Para-raios, 222		
9	Correção do Fator de Potência e Instalação de Capacitores, 223	10	Técnica da Execução das Instalações Elétricas, 250
9.1	Generalidades, 223	10.1	Prescrições para Instalações, 250
9.2	Fundamentos Teóricos, 224	10.1.1	Eletrodutos, 250
9.3	Significado do Fator de Potência, 224	10.1.2	Caixas de derivação, 254
9.4	Fator de Potência de uma Instalação com Diversas Cargas, 226	10.1.3	Instalações aparentes, 256
9.5	Correção do Fator de Potência, 228	10.1.4	Instalação ao ar livre (fixação direta ou em bandejas, escadas para cabos, prateleiras ou suportes), 259
9.6	Regulamentação para Fornecimento de Energia Reativa, 230	10.1.5	Calhas, 259
9.6.1	Cálculo da energia reativa excedente, 231	10.1.6	Instalações em calhas, com ou sem cobertura, 259
9.6.2	Cálculo da demanda reativa excedente, 231	10.1.7	Canaletas e prateleiras (leito para cabos), 260
9.6.3	Avaliação horária, 232	10.1.8	Linhas elétricas enterradas, 266
9.7	Causas do Baixo Fator de Potência, 233	10.1.9	Instalações sobre isoladores, 267
9.7.1	Nível de tensão acima do nominal, 234	10.1.10	Instalações aéreas, 268
9.7.2	Motores operando em vazio ou superdimensionados, 234	10.1.11	Linhas aéreas externas, 270
		10.1.12	Linhas pré-fabricadas, 271
		10.1.13	Instalações em espaços de construção e poços, 271
		10.1.14	Conexões não rosqueadas, 271
		10.1.15	Emendas de condutores, 272

11 Entrada de Energia Elétrica nos Prédios em Baixa Tensão, 274

11.1 Disposições Gerais do Fornecimento em BT para Algumas Distribuidoras, 274

- 11.1.1 Tensões de fornecimento, 274
- 11.1.2 Limite das ligações em BT, 274
- 11.1.3 Tipos de atendimento, 275

11.2 Terminologia e Definições, 276

- 11.2.1 Consumidor, 276
- 11.2.2 Unidade consumidora, 276
- 11.2.3 Edificação, 276
- 11.2.4 Entrada consumidora individual, 276
- 11.2.5 Entrada consumidora coletiva, 276
- 11.2.6 Ponto de entrega, 276
- 11.2.7 Ramal de ligação, 277
- 11.2.8 Ramal de entrada, 277
- 11.2.9 Limite de propriedade, 277
- 11.2.10 Recuo técnico, 277
- 11.2.11 Carga instalada, 277
- 11.2.12 Demanda da instalação, 277

11.3 Solicitação de Fornecimento, 277

- 11.3.1 Dados fornecidos à Light, 277
- 11.3.2 Dados fornecidos pela Light, 278
- 11.3.3 Apresentação de projeto da instalação de entrada de energia elétrica, 279
- 11.3.4 Ligações festivas, 279
- 11.3.5 Ligações provisórias, 279

11.4 Limites de Fornecimento em Relação a Demanda e Tipo de Atendimento, 279

- 11.4.1 Rede de distribuição aérea, 280
- 11.4.2 Atendimento por meio de unidade transformadora interna ao limite de propriedade, 280
- 11.4.3 Padrão de ligação de entradas de energia elétrica individuais – localização do padrão de entrada, 280
- 11.4.4 Padrão de ligação de entrada de energia elétrica coletiva – localização da proteção geral, 280

11.5 Caixas e Painéis Padronizados para as Entradas de Energia, 281

- 11.5.1 Caixas para medição, 281

- 11.5.2 Caixas para medição direta – CM1, CM3, CM 200 e CSM 200, 281

- 11.5.3 Caixas para seccionamento e medição indireta – CSM, 281

- 11.5.4 Caixas para seccionamento, medição indireta e proteção – CSMD, 281

- 11.5.5 Caixas para disjuntor – CDJ, 282

- 11.5.6 Caixas para seccionador – CS (Figura 11.3), 282

- 11.5.7 Caixa para proteção geral – CPG (Figura 11.4), 284

- 11.5.8 Caixa de passagem, 284

- 11.5.9 Caixa de inspeção de aterramento, 284

- 11.5.10 Painéis para medidores / proteção, 285

11.6 Exemplos de Configurações de Instalações com Entradas de Energia Elétrica Individual e Coletivas, 285

- 11.6.1 Exemplo de aplicação de entrada individual – ramal de ligação aéreo com ancoramento em poste junto ao muro, 285

- 11.6.2 Exemplos de configurações de instalações com entradas de energia elétrica “coletivas”, 285

11.7 Proteção da Instalação de Entrada de Energia Elétrica, 288

- 11.7.1 Proteção contra sobrecorrentes, 288

- 11.7.2 Proteção diferencial residual, 291

- 11.7.3 Proteção contra sobretensões, 291

11.8 Medição, 292

- 11.8.1 Medição individual, 292

- 11.8.2 Medição e leitura centralizada, 292

- 11.8.3 Medição de serviço, 292

- 11.8.4 Medição totalizadora, 292

11.9 Condutores, 292

11.10 Aterramento das Instalações de Entrada, 292

- 11.10.1 Aterramento do condutor neutro, 293

- 11.10.2 Interligação à malha de terra e condutor de proteção, 293
- 11.10.3 Eletrodo de aterramento, 293
- 11.11 Número de Hastes da Malha de Terra, 293
 - 11.11.1 Entrada individual de energia elétrica, 293
 - 11.11.2 Entrada coletiva de energia elétrica, 294
- 11.12 Como Dimensionar a Demanda da Entrada, 294
 - 11.12.1 Entradas individuais, 294
- Exercícios de Aplicação, 296

- 12 Projeto de uma Subestação Abaixadora, 299 (capítulo *online* disponível integralmente no Ambiente de aprendizagem)
 - 12.1 Generalidades, 299
 - 12.2 Componentes de uma Subestação Abaixadora, 300
 - 12.2.1 Protetores de descargas atmosféricas, 300
 - 12.2.2 Chaves de seccionamento, 300
 - 12.2.3 Disjuntores, 300
 - 12.2.4 Protetores de circuitos, 300
 - 12.2.5 Transformadores de força, 301
 - 12.2.6 Cabos de força, 301
 - 12.2.7 Cabine de medição, 301
 - 12.2.8 Isoladores e condutores, 301
 - 12.2.9 Alvenaria e edícula de abrigo, 301
 - 12.3 Critérios Iniciais para Projetos em Alta Tensão, 302
 - 12.3.1 Entrada de energia, 302
 - 12.3.2 Estudo das cargas, 303
 - 12.3.3 Dados complementares, 304
 - 12.3.4 Cálculo da demanda provável, 304
 - 12.4 Exemplo de Projeto de Subestação, 305
 - 12.4.1 Cálculo da demanda provável, 305
 - 12.4.2 Arranjo da subestação e diagrama unifilar, 306
 - 12.4.3 Aterramento, 306
 - 12.5 Cálculo da Corrente de Curto-circuito Presumível de Subestações, 310
 - 12.5.1 Generalidades, 310
 - 12.5.2 Efeitos dinâmicos das correntes de curto-circuito, 311

- 12.5.3 Efeitos térmicos das correntes de curto-circuito, 311
- 12.5.4 Noções de proteção de um sistema elétrico, 311
- 12.5.5 Correntes simétrica e assimétrica, 312
- 12.5.6 Exemplo de cálculo das correntes de curto-circuito, 313
- 12.5.7 Documentação das instalações, 322
- 12.5.8 Como calcular a corrente no primário de um transformador, 322

- 13 Noções de Luminotécnica, 325
 - 13.1 Lâmpadas e Luminárias, 325
 - 13.2 Lâmpadas Halógenas Comuns e Dicroicas, 325
 - 13.3 Lâmpadas de Descarga, 328
 - 13.3.1 Lâmpadas fluorescentes, 328
 - 13.3.2 Lâmpadas a vapor de mercúrio, 329
 - 13.4 Outros Tipos de Lâmpadas de Descarga, 331
 - 13.4.1 Lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão, 331
 - 13.4.2 Lâmpadas a multivapor metálico, 332
 - 13.5 Iluminação de Estado Sólido – LED, 332
 - 13.6 Comparação entre os Diversos Tipos de Lâmpadas, 333
 - 13.7 Grandezas e Fundamentos de Luminotécnica, 333
 - 13.7.1 Luz, 334
 - 13.7.2 Cor, 335
 - 13.7.3 Intensidade luminosa – candela (cd), 336
 - 13.7.4 Fluxo luminoso – lúmen (lm), 336
 - 13.7.5 Iluminância – lux (lx), 336
 - 13.7.6 Luminância – cd/m^2 ou *nit*, 336
 - 13.7.7 Eficiência luminosa – lm/W , 336
 - 13.7.8 Curva de distribuição luminosa, 337
 - 13.8 Métodos de Cálculo para Projetos de Iluminação, 337
 - 13.8.1 Definições para projeto, 337