

ÍNDICE

Agradecimentos.....	XIII
Prefácio	XV
Introdução	XVII
1. O FENÓMENO DE CONDUÇÃO DE CORRENTE ELÉCTRICA	1
1.1. O ÁTOMO	1
1.2. A NATUREZA DESCONTÍNUA DA CARGA ELÉCTRICA	3
1.2.1. A EXPERIÊNCIA DE J. J. THOMPSON (1894)	3
1.2.2. A EXPERIÊNCIA DE MILLIKAN (1910).....	5
1.3. NOÇÃO DE CORRENTE ELÉCTRICA	6
1.3.1. ISOLADORES E CONDUTORES	7
1.3.1.1. Meios dieléctricos ou isoladores.....	7
1.3.1.2. Meios bons condutores.....	8
1.3.1.3. Conclusões	9
1.4. CONDUÇÃO ELÉCTRICA EM SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASES	10
1.4.1. NÍVEIS ENERGÉTICOS DO ÁTOMO.....	12
1.4.2. FORMAÇÃO DE IÕES – ENERGIA DE IONIZAÇÃO	12
1.4.3. CONDUÇÃO EM SÓLIDOS.....	14
1.4.3.1. Bandas de energia em estruturas cristalinas	14
1.4.3.2. Isoladores e semicondutores	15
1.4.3.3. Metais.....	16
1.4.4. CONDUÇÃO EM LÍQUIDOS – ELECTRÓLISE.....	18
1.4.5. CONDUÇÃO EM GASES	19
2. GRANDEZAS ELÉCTRICAS.....	21
2.1. CORRENTE ELÉCTRICA.....	21
2.1.1. EQUAÇÃO DE DEFINIÇÃO DE CORRENTE ELÉCTRICA	21
2.1.2. VELOCIDADE DE ARRASTAMENTO DE ELECTRÕES NUM CONDUT. METÁLICO ..	22
2.1.3. SENTIDO DA CORRENTE ELÉCTRICA.....	23
2.1.4. EFEITOS DA CORRENTE ELÉCTRICA.....	24
2.1.4.1. Efeito de Joule.....	25
2.1.4.2. Força de Laplace	26
2.1.5. AS UNIDADES AMPERE E COULOMB	27
2.2. RESISTÊNCIA DE UM CONDUTOR	29
2.2.1. RESISTÊNCIA DE UM CORPO HOMOGÉNEO DE SECÇÃO CONSTANTE	31

2.2.2.	VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA COM A TEMPERATURA	32
2.3.	TRANSFERÊNCIAS DE ENERGIA NUM CIRCUITO ELÉCTRICO.....	35
2.3.1.	TENSÃO	37
2.3.2.	FORÇA ELECTROMOTRIZ DE UMA FONTE.....	40
2.3.3.	POTÊNCIA ELÉCTRICA.....	44
2.3.4.	ANALOGIA COM UM SISTEMA MECÂNICO.....	45
2.4.	ESQUEMA OU DIAGRAMA DE UM CIRCUITO.....	50
3.	MÉTODOS BÁSICOS DE ANÁLISE	55
3.1.	LEIS DOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS	55
3.1.1.	LEI DE OHM.....	55
3.1.2.	LEI DE KIRCHHOFF DAS MALHAS OU DAS TENSÕES	59
3.1.3.	LEI DE KIRCHHOFF DOS NÓS OU DAS CORRENTES.....	64
3.2.	EQUIVALÊNCIA ELÉCTRICA	69
3.2.1.	RESISTÊNCIA EQUIVALENTE A UMA ASSOCIAÇÃO DE RESIST. EM SÉRIE.....	72
3.2.2.	RESISTÊNCIA EQUIVALENTE A UMA ASSOCIAÇÃO DE RESIST. EM PARALELO ...	73
3.2.3.	RESISTÊNCIA EQUIVALENTE A UMA ASSOCIAÇÃO SÉRIE – PARALELO	76
3.3.	MÉTODO DA RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.....	78
3.4.	TRANSFORMAÇÃO TRIÂNGULO – ESTRELA.....	81
3.5.	DIVISORES DE TENSÃO E DE CORRENTE	87
3.5.1.	DIVISOR DE TENSÃO.....	87
3.5.2.	DIVISOR DE CORRENTE	88
3.6.	CIRCUITO ABERTO E CURTO-CIRCUITO	90
3.7.	APARELHOS DE MEDIDA	95
3.7.1.	MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS.....	102
3.7.1.1.	Método do voltímetro – amperímetro.....	103
3.7.1.2.	Ponte de Wheatstone	108
4.	FONTES DE ENERGIA ELÉCTRICA.....	111
4.1.	FONTE IDEAL DE TENSÃO.....	111
4.2.	FONTE REAL DE TENSÃO	113
4.2.1.	POTÊNCIAS NUM ELEMENTO COM F.E.M. CONSIDERADO COMO UMA FONTE REAL DE TENSÃO.....	115
4.2.2.	APROXIMAÇÃO A FONTE IDEAL DE TENSÃO	119
4.3.	FONTE IDEAL DE CORRENTE.....	123
4.4.	FONTE REAL DE CORRENTE	125
4.4.1.	POTÊNCIAS NUM ELEMENTO COM F.E.M. CONSIDERADO COMO UMA FONTE REAL DE CORRENTE	127
4.4.2.	APROXIMAÇÃO A FONTE IDEAL DE CORRENTE.....	129
4.5.	EQUIVALÊNCIA ENTRE FONTE REAL DE TENSÃO E FONTE REAL DE CORRENTE	131
5.	MÉTODOS GERAIS DE ANÁLISE	141
5.1.	NÚMERO DE INCÓGNITAS DE UM CIRCUITO	141

5.1.1.	NÚMERO DE NÓS LINEARMENTE INDEPENDENTES	143
5.1.2.	NÚMERO DE MALHAS LINEARMENTE INDEPENDENTES.....	145
5.2.	MÉTODO DAS CORRENTES NOS RAMOS	147
5.3.	MÉTODO DAS MALHAS INDEPENDENTES.....	152
5.4.	MÉTODO DA ANÁLISE DOS NÓS	159
5.4.1.	MÉTODO DO PAR DE NÓS	169
5.5.	ESCOLHA DO MÉTODO MAIS CONVENIENTE.....	171
5.6.	ANÁLISE DE CIRCUITOS COM FONTES IDEAIS	178
5.6.1.	MÉTODO DAS CORRENTES NOS RAMOS COM FONTES IDEAIS	178
5.6.2.	MÉTODO DAS MALHAS INDEPENDENTES COM FONTES IDEAIS.....	181
5.6.3.	MÉTODO DA ANÁLISE DOS NÓS COM FONTES IDEAIS.....	185
5.7.	PRINCÍPIO DA SOBREPOSIÇÃO.....	193
5.7.1.	MÉTODO DA PROPORCIONALIDADE.....	199
5.8.	TEOREMA DE THEVENIN.....	202
5.8.1.	TEOREMA DE NORTON.....	209
5.8.2.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA INTERNA DE UM BIPOLO ACTIVO	214
5.9.	FONTES DEPENDENTES	215
5.9.1.	PRINCÍPIO DA SOBREPOSIÇÃO EM CIRCUITOS COM FONTES DEPENDENTES ...	222
5.9.2.	APLICAÇÃO DOS TEOREMAS DE THEVENIN E DE NORTON EM BIPOLOS COM FONTES DEPENDENTES.....	226
5.10.	DUALIDADE	230
5.10.1.	CIRCUITOS DUAIS.....	232
6.	CIRCUITOS NÃO LINEARES.....	237
6.1.	INTRODUÇÃO	237
6.2.	ANÁLISE DE CIRCUITOS C.C. NÃO LINEARES.....	239
6.2.1.	CIRCUITO SÉRIE COM UM ELEMENTO NÃO LINEAR.....	240
6.2.2.	ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE ELEMENTOS NÃO LINEARES	243
6.2.3.	ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE ELEMENTOS NÃO LINEARES	244
6.2.4.	ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE – PARALELO DE ELEMENTOS NÃO LINEARES.....	245
6.3.	MÉTODOS DE FÁCIL IMPLEMENTAÇÃO GRÁFICA	246
6.3.1.	MÉTODO DO PAR DE NÓS PARA CIRCUITOS NÃO LINEARES	246
6.3.2.	APLICAÇÃO DO TEOREMA DE THEVENIN A UM CIRCUITO COM UM ELEMENTO NÃO LINEAR.....	248
7.	CONDENSADORES E BOBINAS.....	253
7.1.	INTRODUÇÃO À NOÇÃO DE CAMPO	253
7.2.	CONDENSADORES.....	257
7.2.1.	INFLUÊNCIA ELECTROSTÁTICA.....	257
7.2.2.	CAPACIDADE DE UM CONDENSADOR.....	262
7.2.3.	CARGA E DESCARGA DE UM CONDENSADOR	268
7.2.4.	CONDENSADORES EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA E DE CORRENTE ALTERNADA.....	279
7.2.5.	CAPACIDADE EQUIVALENTE A UMA ASSOCIAÇÃO DE CONDENSADORES	280
7.3.	BOBINAS.....	286

7.3.1.	CAMPO MAGNÉTICO	286
7.3.2.	FLUXO MAGNÉTICO	295
7.3.3.	CAMPO MAGNÉTICO NUMA BOBINA	296
7.3.4.	LEI DE FARADAY	302
7.3.5.	AUTO-INDUÇÃO	305
7.3.6.	INDUÇÃO MÚTUA	307
7.3.7.	TRANSFORMADORES	311
7.3.8.	ESTABELECIMENTO E INTERRUÇÃO DE UMA CORRENTE NUMA BOBINA	313
7.3.9.	BOBINAS EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA E DE CORRENTE ALTERNADA	324
7.3.10.	COEFICIENTE DE AUTO-INDUÇÃO EQUIVALENTE A UMA ASSOCIAÇÃO DE BOBINAS	325
8.	CORRENTE ALTERNADA	327
8.1.	GRANDEZAS ALTERNADAS SINUSOIDAIS	327
8.2.	REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA	335
8.2.1.	INTRODUÇÃO	335
8.2.2.	TRANSFORMADA DE STEINMETZ	344
8.2.3.	ADIÇÃO EM REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA	346
8.2.4.	DERIVAÇÃO EM REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA	352
8.2.5.	PRIMITIVAÇÃO EM REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA	353
8.3.	ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EM C.A.	354
8.3.1.	C.A. NUMA RESISTÊNCIA	354
8.3.2.	C.A. NUMA BOBINA	356
8.3.3.	C.A. NUM CONDENSADOR	360
8.3.4.	CIRCUITO RLC SÉRIE	365
8.3.5.	IMPEDÂNCIA	369
8.3.6.	LEIS DE KIRCHHOFF EM REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA	377
8.3.7.	GENERALIZAÇÃO P/ CIRCUITOS C.A. DO ESTUDO FEITO P/ CIRCUITOS C.C.	380
8.4.	POTÊNCIAS EM C.A.	389
8.4.1.	POTÊNCIA ACTIVA, REACTIVA E APARENTE	389
8.4.2.	SIGNIFICADO FÍSICO DAS POTÊNCIAS	393
8.4.3.	POTÊNCIA COMPLEXA	397
8.5.	RESSONÂNCIA	401
8.5.1.	RESSONÂNCIA SÉRIE	401
8.5.2.	RESSONÂNCIA PARALELO	405
8.5.3.	OUTRAS SITUAÇÕES DE RESSONÂNCIA	409
8.5.4.	INTERPRETAÇÃO ENERGÉTICA DA RESSONÂNCIA	417
8.6.	FILTROS	418
8.7.	TRÊS ASPECTOS ECONÓMICOS RELATIVOS À DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA	424
8.7.1.	TRANSPORTE DE ENERGIA ELÉCTRICA EM ALTA TENSÃO	424
8.7.2.	CORRECÇÃO DO FACTOR DE POTÊNCIA	426
8.7.3.	SISTEMAS TRIFÁSICOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA	434

EXERCÍCIOS PROPOSTOS..... 437

Capítulo 2.....	437
Capítulo 3.....	440
Capítulo 4.....	448
Capítulo 5.....	455
Capítulo 6.....	480
Capítulo 7.....	484
Capítulo 8.....	492

SOLUÇÕES DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS..... 515

Capítulo 2.....	515
Capítulo 3.....	515
Capítulo 4.....	517
Capítulo 5.....	518
Capítulo 6.....	522
Capítulo 7.....	522
Capítulo 8.....	523

ÍNDICE DOS EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO..... 529

ÍNDICE REMISSIVO 531