

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS EM UMA E DUAS DIMENSÕES . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUÇÃO . . . . .	1
1.2	SINAIS E SISTEMAS DISCRETOS NO TEMPO . . . . .	2
1.2.1	Sinais Discretos no Tempo . . . . .	2
1.2.2	Sistemas Discretos no Tempo . . . . .	3
1.2.3	Transformada-Z . . . . .	5
1.2.4	A Transformada de Fourier de Sinais Discretos no Tempo e a DFT . . . . .	6
1.2.5	Função de Transferência de um Sistema Discreto no Tempo .	8
1.3	SINAIS E SISTEMAS DISCRETOS NO ESPAÇO . . . . .	9
1.3.1	Sinais Discretos no Espaço . . . . .	9
1.3.2	Sistemas Discretos no Espaço . . . . .	10
1.3.3	Transformada-Z Bidimensional . . . . .	12
1.3.4	A Transformada de Fourier de Sinais Discretos no Espaço e a DFT Bidimensional . . . . .	13
1.3.5	Função de Transferência de um Sistema Bidimensional .	14
1.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	18

<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS E MODELO DE PRODUÇÃO DO SINAL DE VOZ . . . . .</b>	<b>19</b>
2.1	APLICAÇÕES DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE VOZ . . . . .	20
2.1.1	Transmissão e Armazenamento Digital de Voz . . . . .	20
2.1.2	Síntese de Voz a partir de Texto Arbitrário . . . . .	20
2.1.3	Verificação e Identificação de Locutor . . . . .	21
2.1.4	Reconhecimento de Voz . . . . .	22
2.1.5	Auxílio a Deficientes Auditivos . . . . .	23
2.1.6	Melhoria da Qualidade do Sinal de Voz . . . . .	24
2.2	O SINAL DE VOZ . . . . .	24
2.2.1	Mecanismos de Excitação do Aparelho Vocal . . . . .	25
2.2.2	Os Sons da Fala. . . . .	26
2.2.3	Modelo de Produção da Fala. . . . .	29
2.2.3.1	Modelo da excitação . . . . .	31
2.2.3.2	Modelo de aparelho vocal . . . . .	32
2.2.3.3	Modelo de radiação pelos lábios . . . . .	33
2.2.3.4	Modelos de análise e síntese . . . . .	33
2.2.4	Características do Sinal de Voz Obtidas a partir do Domínio do Tempo . . . . .	37
2.2.4.1	Amplitude . . . . .	37
2.2.4.2	Função autocorrelação . . . . .	38
2.2.5	Características do Sinal de Voz Obtidas a partir do Domínio da Frequência . . . . .	40
2.2.5.1	Densidade espectral de potência . . . . .	41
2.2.5.2	Transformada de Fourier em intervalo curto . . . . .	42
2.2.5.3	Cepestro . . . . .	43
2.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	46
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>CODIFICAÇÃO SEM PERDAS . . . . .</b>	<b>47</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DE FONTES DE INFORMAÇÃO E SUA CODIFICAÇÃO. . . . .	47
3.2	CONCEITOS GERAIS . . . . .	48
3.3	CODIFICAÇÃO DE HUFFMAN . . . . .	50

3.4	CODIFICAÇÃO ARITMÉTICA . . . . .	52
3.5	CÓDIGOS UNIVERSAIS . . . . .	55
3.6	CODIFICAÇÃO POR COMPRIMENTO DE CORRIDAS . . . . .	55
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	59
<b>CAPÍTULO 4 QUANTIZAÇÃO. . . . .</b>		<b>61</b>
4.1	AMOSTRAGEM E TAXA DE <i>BITS</i> . . . . .	61
4.2	QUANTIZAÇÃO ESCALAR . . . . .	65
4.2.1	Conceitos Gerais . . . . .	65
4.2.2	Erro de Quantização . . . . .	66
4.2.3	Quantização Uniforme . . . . .	68
4.2.4	Quantização não Uniforme por Meio de Compansão: o Quantizador Logarítmico . . . . .	69
4.2.5	Quantização Ótima . . . . .	72
4.2.6	Quantização Adaptativa . . . . .	73
4.3	QUANTIZAÇÃO VETORIAL . . . . .	78
4.3.1	Quantizador Vetorial Ótimo . . . . .	80
4.3.2	Projeto de um Quantizador Ótimo – Algoritmo LBG . . . . .	82
4.3.3	Implementação de um Quantizador Vetorial . . . . .	83
4.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	89
<b>CAPÍTULO 5 CODIFICAÇÃO DE FORMA DE ONDA DIFERENCIAL . . . . .</b>		<b>91</b>
5.1	ESTRUTURA BÁSICA DOS CODIFICADORES DIFERENCIAIS . . . . .	92
5.2	O SISTEMA DPCM . . . . .	94
5.2.1	Razão Sinal-Ruído de Quantização em Sistemas DPCM . . . . .	94
5.2.2	Projeto do Preditor Linear . . . . .	94
5.2.3	Codificadores DPCM com Quantização Adaptativa . . . . .	95
5.3	CODIFICADOR DELTA . . . . .	97
5.3.1	Estrutura Básica . . . . .	99
5.3.2	Sistemas Delta Adaptativos . . . . .	100

5.4	DISSIPACÃO DOS EFEITOS DE ERROS NO CANAL EM CODIFICADORES DIFERENCIAIS ADAPTATIVOS . . . . .	102
5.5	COMPARAÇÃO GERAL . . . . .	105
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	108
<b>CAPÍTULO 6 CODIFICAÇÃO NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA . . . . .</b>		<b>109</b>
6.1	INTRODUÇÃO . . . . .	109
6.2	CODIFICAÇÃO EM SUB-BANDAS . . . . .	110
6.2.1	Princípios Gerais . . . . .	110
6.2.2	Filtros Espelhados em Quadratura . . . . .	110
6.2.3	Alocação dos Recursos Binários . . . . .	113
6.2.4	Codificação dos Sinais nas Sub-Bandas . . . . .	116
6.3	CODIFICAÇÃO POR TRANSFORMADA . . . . .	117
6.3.1	Princípios Gerais . . . . .	117
6.3.2	Transformadas Ótimas e Subótimas . . . . .	118
6.3.3	Codificação de Voz por Transformada Adaptativa . . . . .	121
6.4	COMPARAÇÃO ENTRE CODIFICADORES DE VOZ POR MEIO DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA . . . . .	123
6.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	126
<b>CAPÍTULO 7 PREDIÇÃO LINEAR DE VOZ: OS CODECS LPC. . . . .</b>		<b>127</b>
7.1	O MODELO DE PREDIÇÃO LINEAR . . . . .	129
7.2	QUANTIZAÇÃO DOS PARÂMETROS LPC . . . . .	132
7.3	EXCITAÇÃO MONOPULSO: O VOCODER LPC . . . . .	134
7.4	EXCITAÇÃO MULTIPULSOS EM CODIFICADORES LPC: MP-LPC . . . . .	134
7.4.1	Princípios Gerais . . . . .	135
7.4.2	Determinação das Posições e Amplitudes dos Pulsos . . . . .	136
7.4.3	Predição com Retardo Longo . . . . .	138
7.5	EXCITAÇÃO POR DICIONÁRIO DE CÓDIGOS EM CODIFICADORES LPC: CELP . . . . .	139
7.5.1	Escolha da Sequência de Inovação Ótima . . . . .	140

---

7.5.2	Codificação de Parâmetros no Codificador CELP . . . . .	142
7.5.3	Estruturas de Análise Realimentadas em Codificadores CELP: Codificadores LD-CELP . . . . .	143
7.5.4	Comentários Finais . . . . .	144
7.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	147
 <b>CAPÍTULO 8 FUNDAMENTOS DE RECONHECIMENTO DE VOZ E DE LOCUTOR . . . . .</b>		<b>149</b>
8.1	INTRODUÇÃO . . . . .	149
8.1.1	A Área de Reconhecimento de Voz . . . . .	149
8.1.2	A Área de Reconhecimento de Locutor . . . . .	151
8.2	RECONHECIMENTO DE VOZ . . . . .	152
8.2.1	Extração de Características . . . . .	152
8.2.2	Classificação de Padrões . . . . .	154
8.2.2.1	Casamento de padrões característicos . . . . .	155
8.2.2.2	Modelo de Markov escondido – HMM . . . . .	158
8.2.3	Aspectos de Interesse e Evolução dos Sistemas . . . . .	162
8.3	RECONHECIMENTO DE LOCUTOR . . . . .	163
8.3.1	Sistema de Identificação de Locutor com o GMM . . . . .	166
8.3.2	Sistema de Verificação de Locutor com o GMM . . . . .	167
8.3.3	Observações sobre o Desempenho dos Sistemas de RL usando GMM . . . . .	168
8.4	A FERRAMENTA HTK . . . . .	169
8.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	171
 <b>CAPÍTULO 9 PERCEPÇÃO DE IMAGENS . . . . .</b>		<b>173</b>
9.1	APLICAÇÕES DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS . . . . .	173
9.2	A PERCEPÇÃO DE IMAGENS E O OLHO HUMANO . . . . .	175
9.3	DEFINIÇÕES E FENÔMENOS VISUAIS . . . . .	177
9.4	PROCESSAMENTO DE IMAGENS COLORIDAS . . . . .	179
9.4.1	Reprodução de Cores . . . . .	181
9.4.2	Sistemas de Coordenadas de Cores . . . . .	181
9.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	185

<b>CAPÍTULO 10</b>	<b>AMOSTRAGEM, TRANSFORMADA E PREDIÇÃO BIDIMENSIONAL . . . . .</b>	<b>187</b>
10.1	AMOSTRAGEM DE SINAIS BIDIMENSIONAIS . . . . .	188
10.2	TRANSFORMADAS DE IMAGENS . . . . .	191
10.3	PREDIÇÃO LINEAR BIDIMENSIONAL . . . . .	195
10.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	198
<b>CAPÍTULO 11</b>	<b>CODIFICAÇÃO DE IMAGENS ESTÁTICAS E EM MOVIMENTO . . . . .</b>	<b>199</b>
11.1	QUANTIZAÇÃO ESCALAR . . . . .	200
11.2	QUANTIZAÇÃO COM RUÍDO PSEUDOALEATÓRIO . . . . .	202
11.3	QUANTIZAÇÃO VETORIAL . . . . .	204
11.4	CODIFICAÇÃO DPCM . . . . .	205
11.5	CODIFICAÇÃO POR TRANSFORMADA . . . . .	206
11.6	CODIFICAÇÃO EM SUB-BANDAS . . . . .	209
11.7	QUANTIZAÇÃO DE IMAGENS COLORIDAS . . . . .	212
11.8	CODIFICAÇÃO INTERQUADROS DE SEQUÊNCIAS DE IMAGENS . . . . .	213
11.8.1	Codificação Preditiva com Compensação de Movimento . . . . .	213
11.9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	218
<b>CAPÍTULO 12</b>	<b>REALCE E RESTAURAÇÃO DE IMAGENS . . . . .</b>	<b>221</b>
12.1	REALCE DE IMAGENS . . . . .	221
12.1.1	Manipulação de Contrastes . . . . .	222
12.1.2	Modelagem de Histogramas . . . . .	226
12.1.3	Suavização . . . . .	228
12.1.4	Acentuação de Bordas e Detalhes . . . . .	231
12.1.5	Realce no Domínio da Transformada . . . . .	233
12.2	RESTAURAÇÃO DE IMAGENS . . . . .	234
12.2.1	Modelos de Observação de Imagens . . . . .	235
12.2.2	Filtragem Inversa . . . . .	236
12.2.3	O Filtro de Wiener . . . . .	238
12.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	243

---

<b>ANEXO A</b>	<b>PADRÕES PARA CODIFICADORES DE VOZ . .</b>	<b>245</b>
A.1	<i>G.723, G.726 e G.727</i> . . . . .	249
A.2	<i>G.728 LD-CELP</i> . . . . .	251
A.3	<i>G.729 CS-ACELP</i> . . . . .	253
A.4	<i>G.723.1 MPC-MLQ</i> . . . . .	256
A.5	<i>IS-54 VSELP (TIA)</i> . . . . .	259
A.6	<i>IS-95 QCELP (TIA)</i> . . . . .	260
A.7	<i>MELP</i> . . . . .	263
A.8	<i>AMR-WB ACELP</i> . . . . .	264
A.9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	268
<b>ANEXO B</b>	<b>PADRÕES PARA CODIFICADORES DE IMAGENS . . . . .</b>	<b>269</b>
B.1	<i>JPEG</i> . . . . .	270
B.2	<i>JPEG2000</i> . . . . .	271
B.3	<i>MPEG-1, MPEG-2, H.261 e H.263</i> . . . . .	274
B.4	<i>MPEG-4 Visual</i> ou <i>MPEG-4 Parte 2</i> . . . . .	276
B.5	<i>H.264</i> ou <i>MPEG-4 Parte 10</i> . . . . .	284
B.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	296