

# Sumário

<b>1</b>	<b>Medida de Incerteza</b>	<b>1</b>
1.1	A medida de Hartley . . . . .	1
1.2	A medida de Shannon . . . . .	4
1.3	Desigualdade fundamental . . . . .	5
1.4	Entropia . . . . .	7
1.5	Propriedades da função entropia . . . . .	10
1.6	Entropia condicional . . . . .	12
1.7	Divergência informacional . . . . .	16
1.8	Redução de incerteza por condicionamento . . . . .	18
1.9	A regra da cadeia para a incerteza . . . . .	20
1.10	Informação mútua . . . . .	24
1.11	Cadeias de Markov . . . . .	27
<b>2</b>	<b>Modelos de Fontes de Informação</b>	<b>29</b>
2.1	Fonte discreta sem memória . . . . .	29
2.2	Extensões de fonte sem memória . . . . .	30
2.2.1	Propriedades da probabilidade conjunta . . . . .	31
2.2.2	Entropia da extensão finita de fonte sem memória . . . . .	31
2.3	Fonte de informação com memória . . . . .	33
2.3.1	Entropia de uma fonte de Markov . . . . .	36
2.4	Fonte adjunta . . . . .	37
2.5	Extensões de uma fonte de Markov . . . . .	38
<b>3</b>	<b>Codificação de Fontes de Informação</b>	<b>43</b>
3.1	Codificando uma única variável aleatória . . . . .	43
3.1.1	Código sem-prefixo . . . . .	45

3.1.2	Árvores enraizadas . . . . .	46
3.2	A desigualdade de Kraft . . . . .	48
3.3	Árvores enraizadas com probabilidades . . . . .	51
3.3.1	Lema do comprimento do caminho . . . . .	52
3.3.2	Incertezas definidas numa árvore enraizada . . . . .	53
3.3.3	Limitante inferior do comprimento médio . . . . .	56
3.4	Códigos de Shannon e de Shannon-Fano . . . . .	58
3.4.1	Código de Shannon . . . . .	58
3.4.2	Código de Shannon-Fano . . . . .	61
3.5	Código de Huffman . . . . .	63
3.6	Codificação de fontes sem memória . . . . .	71
3.6.1	Separando os símbolos de uma fonte de informação . . . . .	72
3.6.2	Codificação de bloco para comprimento variável . . . . .	73
3.6.3	Codificação de comprimento variável para bloco . . . . .	75
3.7	Codificação de Tunstall . . . . .	81
3.7.1	Algoritmo de Tunstall . . . . .	85
3.8	Codificação de fontes com memória . . . . .	89
3.8.1	Fonte discreta estacionária . . . . .	90
3.8.2	Recíproco do teorema da codificação para uma DSS . . . . .	93
3.8.3	Codificação de números inteiros positivos . . . . .	95
3.8.4	Codificação de fonte de Elias-Willems . . . . .	98
<b>4</b>	<b>A Metodologia de Sequências Típicas</b>	<b>105</b>
4.1	Codificação de fonte com perda <i>versus</i> sem perda . . . . .	105
4.2	Discussão intuitiva sobre uma sequência típica . . . . .	107
4.3	A definição de sequências típicas . . . . .	108
4.4	A lei fraca dos grandes números . . . . .	110
4.5	Propriedades de sequências típicas . . . . .	118
4.6	Codificação bloco-para-bloco de uma DMS . . . . .	122
<b>5</b>	<b>Codificação para Canal Digital Ruidoso</b>	<b>125</b>
5.1	Introdução . . . . .	125
5.2	Capacidade de canal . . . . .	130
5.3	Lema do processamento de dados . . . . .	139
5.4	Lema de Fano . . . . .	143
5.5	Recíproco do teorema para DMC ruidoso . . . . .	146

SUMÁRIO

xxiii

5.6	Teorema da codificação para um DMC ruidoso . . . . .	151
5.7	DMC geral criado por $L$ DMCs . . . . .	154
<b>6</b>	<b>Fundamentos Teóricos da Codificação de Bloco</b>	<b>157</b>
6.1	Introdução . . . . .	157
6.2	Crítérios para codificação e para decodificação . . . . .	162
6.3	Cálculo da probabilidade de erro de bloco . . . . .	165
6.4	Códigos com duas palavras-código . . . . .	167
6.5	Códigos com muitas palavras-código . . . . .	176
6.6	Codificação aleatória com duas palavras-código . . . . .	180
6.7	Codificação aleatória com muitas palavras-código . . . . .	187
6.8	Codificação aleatória segundo Gallager . . . . .	192
<b>7</b>	<b>Códigos Unicamente Decodificáveis</b>	<b>201</b>
7.1	Introdução . . . . .	201
7.1.1	Capacidade sem restrições . . . . .	203
7.1.2	Capacidade com restrições . . . . .	204
7.2	Canais discretos sem ruído . . . . .	206
7.3	Cálculo da capacidade de um código . . . . .	207
7.3.1	Distribuição que atinge a capacidade . . . . .	208
7.4	Casamento e eficiência . . . . .	209
7.5	Desigualdade de McMillan . . . . .	210
7.6	Codificação homofônica . . . . .	211
7.7	Propriedades dos comprimentos das palavras . . . . .	212
7.8	Comentários . . . . .	215
<b>A</b>	<b>Texto Improvável</b>	<b>217</b>
<b>B</b>	<b>Teoria de Probabilidade Discreta</b>	<b>219</b>
B.1	Introdução . . . . .	219
B.2	Principais conceitos . . . . .	219
B.2.1	Espaço amostral . . . . .	219
B.2.2	Evento . . . . .	219
B.2.3	Medida de probabilidade . . . . .	220
B.2.4	Eventos atômicos . . . . .	220
B.2.5	Variável aleatória discreta . . . . .	220
B.2.6	Distribuição de probabilidade . . . . .	221

xxiv	PRINCÍPIOS DE TEORIA DA INFORMAÇÃO DIGITAL APLICADA	
	B.2.7 Distribuição de probabilidade conjunta . . . . .	222
	B.2.8 Independência estatística . . . . .	222
	B.2.9 Esperança . . . . .	223
	B.2.10 Distribuição de probabilidade condicional . . . . .	223
	B.2.11 Esperança condicional . . . . .	224
	B.2.12 Convergência em probabilidade . . . . .	225
	<b>C Convexidade e Desigualdade de Jensen</b>	<b>227</b>
	C.1 Funções de uma variável . . . . .	227
	C.2 Funções de muitas variáveis . . . . .	231
	<b>D Solução dos Problemas Propostos</b>	<b>233</b>
	<b>E Problemas Complementares</b>	<b>247</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>258</b>
	<b>Índice</b>	<b>263</b>