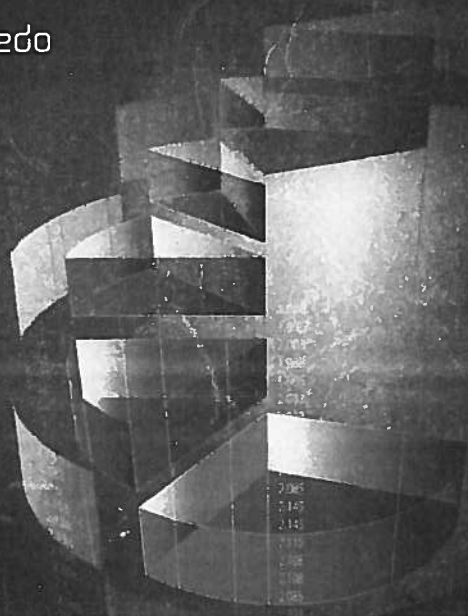


Controlo Estatístico da Qualidade

M. Ivette Gomes
Fernanda Figueiredo
M. Isabel Barão



SOCIEDADE PORTUGUESA DE ESTATÍSTICA

Controlo Estatístico da Qualidade

M. Ivette Gomes

D.E.I.O. e C.E.A.U.L., Universidade de Lisboa

Fernanda Figueiredo

*C.E.A.U.L., Universidade de Lisboa,
Faculdade de Economia, Universidade do Porto*

M. Isabel Barão

D.E.I.O. e C.M.A.F., Universidade de Lisboa

2ª edição, revista e aumentada

Edições SPE

FICHA TÉCNICA

Título

Controlo Estatístico da Qualidade
2.^a edição, revista e aumentada

Autores

M. Ivette Gomes
Fernanda Figueiredo
M. Isabel Barão

Editora

Sociedade Portuguesa de Estatística

Impressão e Distribuição

Instituto Nacional de Estatística, I. P.

Tiragem

220 exemplares

ISBN 978-972-8890-23-0

Depósito Legal 305217/10

Preço: € 10,00 (IVA incluído)

Índice

1	O que é o Controlo da Qualidade?	1
1.1	Objectivos Fundamentais	1
1.2	Técnicas Estatísticas Usuais em Qualidade	3
1.3	Breve Introdução Histórica	4
1.4	Processos e Qualidade	9
1.4.1	A Gestão e a Qualidade	10
1.4.2	ISO 9000 e Qualidade	10
1.4.3	Ciclo de Garantia da Qualidade	12
1.5	Instrumentos de Controlo da Qualidade	14
1.5.1	Fluxogramas ou Organigramas	14
1.5.2	Diagramas de Causa-e-efeito	16
2	Descrição de Dados	19
2.1	Dados Qualitativos	21
2.1.1	Tabelas de Frequências	22
2.1.2	Gráficos de Barras	23
2.1.3	Diagramas de Pareto	24
2.2	Dados Quantitativos	25
2.2.1	Estatísticas Descritivas	27
	Medidas de localização	28
	Medidas de dispersão ou escala	29
	Medidas de forma	30
2.2.2	Caixas-de-bigodes	31
2.2.3	Diagramas de Pontos	32
2.2.4	Diagramas de Caule-e-folhas	34

2.2.5	Histogramas	35
2.2.6	Cartas de Controlo — Gráficos Sequenciais .	37
2.2.7	Método Gráfico de Selecção de Modelos — Papel de Probabilidade	38
2.3	Regras para Descrição de Dados	43
2.4	Comentários sobre Análise Gráfica	44
3	Modelação de Dados	47
3.1	Modelos Contínuos Univariados	48
3.1.1	Modelo Normal	48
	Modelo Normal Truncado	49
	Modelo Semi-Normal	49
3.1.2	Modelo Logístico	50
3.1.3	Modelo Lognormal	50
3.1.4	Modelo Gama	52
	Distribuição Gama Generalizada	54
3.1.5	Modelo Beta	54
3.1.6	Modelo Gaussiano Inverso	56
3.1.7	Modelos Extremais	58
	Modelo de Gumbel	59
	Modelo de Fréchet	60
	Modelo Weibull de máximos	61
3.2	Modelos Discretos Univariados	62
3.2.1	Modelo Binomial	62
3.2.2	Modelo Hipergeométrico	62
3.2.3	Modelo Binomial Negativo	63
	Distribuição Geométrica ou de Pascal	64
3.2.4	Modelo de Poisson	64
	Distribuição de Poisson positiva	65
	Distribuição de Poisson duplamente truncada	66
3.3	Estimação de Parâmetros	66
3.3.1	Modelo Normal ou Gaussiano	66
3.3.2	Modelo Logístico	66
3.3.3	Modelo Lognormal	67
3.3.4	Modelo Gama	67

35	3.3.5	Modelo Beta	69
37	3.3.6	Modelo Gaussiano Inverso	69
	3.3.7	Modelos Extremais	69
38		Modelo de Gumbel	69
43		Modelo de Fréchet	70
44		Modelo Weibull de máximos	70
	3.3.8	Modelo Binomial	70
47	3.3.9	Modelo Geométrico	71
48	3.3.10	Modelo de Poisson	71
48	3.4	Análise Exploratória de Dados	71
49			
49	4	Estatísticas Ordinais	75
50	4.1	Comportamento Individual	76
50	4.2	Distribuição Conjunta	78
52	4.3	Momentos de Estatísticas Ordinais	78
54	4.4	Amplitude e Escala	80
54	4.5	Estatísticas Sistemáticas	82
56			
58	5	Controlo de Processos (SPC)	83
59	5.1	Gestão da Qualidade Total (TQM)	83
60	5.2	Introdução às Cartas de Controlo	85
61	5.3	Cartas de Controlo para Variáveis	94
62	5.3.1	Carta- $\bar{X}$	94
62	5.3.2	Carta- R	96
62	5.3.3	Curva Característica	98
62	5.4	Cartas de Controlo para Atributos	101
63	5.4.1	Carta- p	102
64	5.4.2	Carta- c	103
64	5.5	Cartas de Controlo Especiais	103
65	5.5.1	Cartas de Controlo para Máximos e Mínimos	104
66	5.5.2	Cartas de Médias Móveis, MA	106
66	5.5.3	Cartas CUSUM (cumulative sum) e EWMA	
66		(exponentially weighted moving average) . .	107
66		Cartas CUSUM	109
67		Planos de Decisão Intervalar	111
67		Cartas EWMA	114

5.6	Miscelânea de Cartas de Controlo	117
5.6.1	Cartas para Processos Short-runs, Batch e Multiple-stream	117
5.6.2	Cartas não Paramétricas	117
5.6.3	Cartas para Perfis	118
5.6.4	Outras Cartas Univariadas	118
5.6.5	Cartas de Controlo Multivariadas	119
5.7	Políticas Amostrais	120
5.8	Medidas de Desempenho	122
5.9	Medidas de Capacidade do Processo	127
5.10	Intervalos de Previsão e Tolerância	130
6	Testes de Aleatoriedade	135
6.1	Testes de Runs	135
6.1.1	Teste de Runs dos Sinais das Diferenças en- tre as Observações e a Mediana Empírica	135
6.1.2	Teste de Runs dos Sinais das Diferenças en- tre Observações Consecutivas	137
6.2	Quadrados de Diferenças Consecutivas	138
6.3	Regras Empíricas de Aleatoriedade	139
7	Amostragem de Aceitação	141
7.1	Introdução	141
7.2	Planos de Amostragem para Atributos	146
7.2.1	Planos Simples	146
	Curva Característica Operacional, CCO	146
	Construção de planos simples	149
	Rectificação da inspecção	150
7.2.2	Planos Duplos	154
	Curva Característica Operacional, CCO	154
	Dimensão média da amostra, ASN	155
	Censura	156
	Construção de planos duplos	156
	Rectificação da inspecção	157
7.2.3	Planos Múltiplos e Planos Sequenciais	158
7.3	Planos de Amostragem para Variáveis	159

7

8 7

8

8

8.

. 117	7.3.1	Relação entre os Parâmetros de um Modelo	
e 117		Gaussiano e a Fracção de Não-conformes . .	160
. 117	7.3.2	Planos para Variáveis, para Controlar a	
. 118		Fracção de Não-conformes, σ Conhecido . .	161
. 118	7.3.3	Planos para Variáveis, para Controlar o Va-	
. 119		lor Médio do Processo, σ Conhecido	163
. 120	7.4	Planos Especiais	164
. 122	7.4.1	Amostragem em Cadeia (<i>Chain Sampling</i>) .	164
. 127	7.4.2	Amostragem Contínua. Planos CSP-1 . . .	165
. 130	7.4.3	Planos de Amostragem Skip-lot	167
135	7.4.4	Planos de Amostragem para Produtos de	
. 135		Alta Qualidade	167
	7.4.5	Planos de Amostragem de Dodge-Romig . .	168
	7.5	Erros de Inspeção	168
. 135	8	Teoria da Fiabilidade	169
. 137	8.1	Conceitos Fundamentais em Fiabilidade	169
. 138	8.2	Estatísticas Ordinais em Fiabilidade	170
. 139	8.2.1	Tempos de Vida de Estruturas Usuais e Es-	
141		tatísticas Ordinais	171
. 141		Estruturas em série	171
. 146		Estruturas em paralelo	172
. 146		Estruturas <i>i</i> -de- <i>n</i>	173
. 146		Outras estruturas	174
. 149	8.2.2	Mecanismos de Censura	179
. 150		Conceito de censura	180
154		Exemplo de aplicação	181
154	8.3	Envelhecimento – Modelos IFR e DFR	183
155	8.3.1	Funções para Caracterização do Tempo de	
156		Vida	184
156	8.3.2	Noção de Envelhecimento Estocástico . . .	185
157		Modelos de vida que não envelhecem	185
158		Modelos de vida que envelhecem	185
159		Modelos de vida que rejuvenescem	186
		Outros modelos	187

8.4	Modelos Paramétricos	187
8.4.1	Modelo Exponencial	187
	Propriedades da distribuição exponencial com importância em Fiabilidade	187
	Processo de Poisson em Fiabilidade	191
8.4.2	Modelo Weibull	192
8.4.3	Outros Modelos	193
	Modelo Gama	193
	Modelo Normal Truncado	194
	Modelo Lognormal	194
	Modelo Gaussiano Inverso	194
8.4.4	Modelo Exponencial Multivariado	195
8.5	Testes de Vida em Modelo Exponencial	197
8.5.1	Amostra Completa	198
8.5.2	Censura no Número de Componentes (Tipo II)	200
	Amostragem sem reposição (substituição)	200
	Amostragem com reposição (substituição)	202
	Méritos e limitações de cada um dos dois esquemas	203
8.5.3	Censura no Tempo (Tipo I)	204
	Amostragem sem reposição (substituição)	205
	Amostragem com reposição (substituição)	207
9	Metodologia de Taguchi e TQM	209
9.1	Razão Sinal-Ruído (S/R)	212
9.2	Função Prejuízo	214
9.2.1	Função Prejuízo de Taguchi	215
9.2.2	Funções Prejuízo Alternativas	217
9.3	Planos de Taguchi	219
9.3.1	Planeamento com Alteração de um Factor de Cada Vez	220
9.3.2	Planeamento Factorial Completo	221
9.3.3	Planeamentos Factoriais Fraccionados	222
9.3.4	Arranjos Ortogonais	223

. 187	9.4 Gestão da Qualidade Total	224
. 187		
1	10 Exercícios de Aplicação	229
. 187	10.1 Introdução às Cartas de Controlo	229
. 191	10.2 Papel de Probabilidade	234
. 192	10.3 Estatísticas Ordinais	235
. 193	10.4 SPC e Planos de Aceitação	238
. 193	10.5 Estruturas e Fiabilidade	270
. 194	10.6 Metodologia de Taguchi	280
. 194	Bibliografia	281
. 194		
. 195	Índice Remissivo	299
. 197		
. 198		
. 200		
. 200		
. 202		
. 203		
. 204		
. 205		
. 207		
209		
. 212		
. 214		
. 215		
. 217		
. 219		
. 220		
. 221		
. 222		
. 223		