

É expressamente proibido reproduzir, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio gráfico, eletrónico ou mecânico, inclusive fotocópia, este livro. As transgressões serão passíveis das penalizações previstas na legislação em vigor. Não participe ou encoraje a pirataria eletrónica de materiais protegidos. O seu apoio aos direitos dos autores será apreciado.

Visite a Sílabo na rede  
[www.silabo.pt](http://www.silabo.pt)

FICHA TÉCNICA:

Título: Modelos Econométricos de Regressão com Variável Dependente Qualitativa e Limitada  
– Aplicações em SPSS

Autor: Ricardo Alexandre Saraiva Gomes

© Edições Sílabo, Lda.

Capa: Pedro Mota

1ª Edição – Lisboa, março de 2019

Impressão e acabamentos: ARTIPOL – Artes Tipográficas, Lda.

Depósito Legal: 453640/19

ISBN: 978-989-561-005-1

 **EDIÇÕES SÍLABO, Lda.**  
Publicamos conhecimento

Editor: Manuel Robalo

R. Cidade de Manchester, 2

1170-100 Lisboa

Tel.: 218130345

e-mail: [silabo@silabo.pt](mailto:silabo@silabo.pt)

[www.silabo.pt](http://www.silabo.pt)

## Índice

<b>Agradecimentos</b>	9
<b>Nota introdutória</b>	11
Capítulo 1	
<hr/>	
<b>O modelo de regressão convencional</b>	13
Capítulo 2	
<hr/>	
<b>O modelo de regressão com variável dependente binária</b>	15
2.1. O modelo Logit ou o modelo Probit	18
2.2. Método de estimação dos coeficientes pelo método da máxima verosimilhança	21
2.3. Ajustamento e comparação de modelos	22
2.4. Teste de Hosmer-Lemeshow	25
2.5. O teste de Wald	25
2.6. Análise de sensibilidade do modelo	26

## Capítulo 3

<b>Modelos de regressão com variável dependente limitada e mais de duas categorias</b>	29
3.1. Teste de significância do modelo	31
3.2. Testes à significância dos coeficientes do modelo	32
3.3. Medidas de associação, pseudo $R^2$	32

## Capítulo 4

<b>Aplicação 1 – O caso da aprovação à disciplina de estatística nas licenciaturas</b>	33
4.1. Introdução – enquadramento do estudo	33
4.1.1. Tema	33
4.1.2. Objetivos da aplicação 1	35
4.1.3. Variáveis utilizadas	35
4.1.4. Estatística descritiva de algumas variáveis	37
4.1.5. Metodologia da aplicação 1	42
4.1.6. Hipóteses gerais a considerar em relação aos efeitos principais	44
4.1.7. Hipóteses a considerar em relação à interação de fatores ou variáveis	45
4.2. Resultados obtidos	45
4.2.1. Adequação do modelo em relação aos dados	45
4.2.2. Teste para comparação do modelo final e modelo completo, saturado	48
4.2.3. Análise de resíduos do modelo escolhido e de observações <i>outliers</i>	50
4.2.4. Análise de observações influentes que possam afetar a qualidade do modelo	53
4.2.5. Análise das hipóteses gerais sugeridas	54
4.2.6. Análise da curva ROC	55
4.2.7. Teste de Hosmer & Lemeshow, para averiguação da boa adequação do modelo aos dados	56
4.2.8. Análise de possível multicolinearidade entre as variáveis explicativas	57

4.2.9. Análise da tabela das classificações	58
4.2.10. Capacidade de aderência do modelo, $R^2$ de Nagelkerke do modelo final	60
4.2.11. Linearidade do modelo, uma vez que existe uma variável explicativa contínua	60
4.2.12. Tentativa de ajustamento de regressão logística através de um modelo quadrático	61
4.2.13. Número mínimo de observações para estimação de um modelo Logit	62

## Capítulo 5

<b>Aplicação 2 – O caso da escolha dos pneus de Fórmula 1 no Grande Prémio do Mónaco</b>	63
5.1. Introdução – enquadramento do estudo	63
5.1.1. Tipos de pneus usados nas corridas de Fórmula 1	66
5.1.2. Objetivos gerais e específicos do estudo	67
5.1.3. Variáveis utilizadas no estudo	68
5.1.4. Estatística descritiva das variáveis explicativas	71
5.1.5. Metodologia	72
5.1.6. Hipóteses a testar	74
5.2. Resultados obtidos	75
5.2.1. Simulação da probabilidade estimada para cada categoria a diferentes velocidades para carros com e sem apoio aerodinâmico	79
5.2.2. Conclusões dos resultados obtidos	80
5.2.3. Validade do modelo completo	82
5.2.4. Validade do modelo de regressão multinomial que contém apenas as variáveis explicativas significativas	84
5.2.5. Percentagem de previsões corretas do modelo restrito	85
5.2.6. Apresentação das observações em que o modelo está mal ajustado aos dados	86
5.2.7. Simulação em termos de velocidade de ponta	87
5.2.8. Enquadramento das conclusões retiradas	89
5.2.9. Limitações da aplicação	91

<b>Anexos</b>	93
6.1. Aplicação 1	93
6.1.1. Para obter no SPSS o modelo reduzido	93
6.1.2. Para obter a curva ROC do modelo reduzido	95
6.1.3. Para representação da probabilidade de aprovação ao exame de estatística para cada um dos géneros, masculino ou feminino	96
6.1.4. Análise gráfica dos resíduos do modelo restrito	98
6.1.5. Análise de observações influentes que possam afetar a qualidade do modelo	100
6.2. Aplicação 2	104
6.2.1. Modelo restrito	104
6.2.2. Anexos	105
6.3. Tabela Qui-Quadrado unilateral	106
<b>Bibliografia</b>	107

## Agradecimentos

Há muitos anos que tenho uma forte paixão e vocação pelo ato de ensinar e investigar nas áreas da estatística e da econometria.

Qualquer atividade que desenvolva nestes domínios é sempre feita com amor incondicional e impulsionada por pessoas que me marcaram ao longo da vida.

Quero em primeiro lugar, referir o meu pai, Honório Rodrigues, a minha tia Manuela e as minhas amigas Madalena e Elizabete, que, pelas condições inerentes à vida humana, já não estão entre nós. Para eles a minha homenagem e o meu agradecimento especial.

Também à minha mãe, Augusta Gomes, ao meu irmão Manuel Gomes, à Margarida Coelho e aos meus sobrinhos, Matilde Coelho e Bernardo Manuel, fonte de energia suplementar, quero dedicar este livro, materialização da minha paixão pelo ensino e investigação. Ainda à Patrícia Soares pela amizade fraterna que me dedica, à Miriam Limeiro, Ana Reis, Paula Ludovina, Filipa Rodrigues, Beatriz Sequeira, Daniela Duarte, Rui Baptista e Diogo Pinto e a alguns professores extraordinários que muito me ensinaram: professor Jorge Andraz e professor Efigénio Rebelo da Faculdade de Economia da Universidade Algarve e aos professores Álvaro Rosa, Margarida Cardoso e Rui Menezes que trabalham no departamento de Métodos Quantitativos do ISCTE. Também não quero deixar de agradecer à Dra. Sónia Leal, diretora do Centro de Saúde de Cascais, e minha médica de família há mais de vinte anos, e ao Dr. Manuel Costa de Matos, diretor do Serviço de Urgências do Hospital de Cascais durante vários anos. Um agradecimento também à Sne, ao Sérgio e ao Dimas da WizArt pela ajuda em termos de utilização de equipamento informático.

Por último, mas não últimos, deixo aqui um abraço terno a todos os estudantes que tive e que muito me ensinaram na consolidação da Arte de ensinar.

*Ricardo Alexandre Saraiva Gomes*

Cascais, 30 de junho de 2018