

Referências bibliográficas

AGCA, S. The performance of alternative interest rate risk measures and immunization strategies under a Heath-Jarrow-Morton framework, **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 40, p. 645-669, 2005.

ALMEIDA, C.I.R. **Estimação, teste e aplicações em mercados emergentes: a estrutura a termo da taxa de juros**, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

ATKINSON, M.E.; DICKON, D.C.M. **An introduction to actuarial studies**, Massachusetts: Edward Elgar Publishing, 2000.

BALBÁS, A.; IBÁÑEZ A. When Can You Immunize a Bond Portfolio, **Journal of Banking & Finance**, v. 22, p. 1571-1595, 1998.

BALBÁS, A.; IBANEZ, A.; LOPEZ, S. Dispersion measures as immunization risk measures, **Journal of Banking & Finance**, v. 26, p. 1229-1244, 2002.

BARBER, J.R.; COPPER, M.L. Immunization using principal component analysis. **Journal of Portfolio Management**, v. 23, p. 99-105, 1996.

BARRETT, W.B.; GOSNELL, T.F.; HEUSON, A.J. Term-structure factor shifts and economic news, **Financial Analysts Journal**, v. 60, p.81-94, 2004.

BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. Operations management research methodologies using quantitative modeling, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, p. 241-264, 2002.

BESSADA, O.M.; COSENZA, C.A.N.; NEVES, C. Aplicação do modelo de Black, Derman & Toy à precificação de opções sobre títulos de renda fixa, **Trabalhos para Discussão, Banco Central do Brasil**, n. 74, 2003.

BLACK, F.; DERMAN, E.; TOY, W. A one-factor model of interest rates and its application to Treasury bond options, **Financial Analysts Journal**, v. 46, p. 33-39, 1990.

BOGLE, J.C. An index fund fundamentalist, **Journal of Portfolio Management**, v. 28, p. 31-39, 2002.

BOULIER, J.F.; HUANG, S.; TAILLARD, G. Optimal management under stochastic interest rates: the case of a protected defined contribution pension fund, **Insurance: Mathematics and Economics**, v. 28, p. 173-189, 2001.

BRAVO, J.M.V.; da SILVA, C.M.P. Immunization using a stochastic-process independent multi-factor model: The Portuguese experience, **Journal of Banking and Finance**, v.30, p. 133-156, 2006.

BRITO, R. D.; FLORES JÚNIOR, R. G. A jump-diffusion yield-factor model of interest, **Financial Lab Working Paper**, n. 3, 2001.

CAMPBELL, J.Y.; LO, A.W.; MACKINLAY, A.C. **The econometrics of financial markets**, Princeton: Princeton University Press, 1997.

CARVALHO, J.L. A utilização de derivativos na composição das reservas técnicas de seguradoras, empresas de previdência privada e de capitalização, **Estudos Funenseg**, n.1, 2002.

CHAMBERS, D.R.; CARLETON, W.T.; McENALLY, R.W. Immunizing default-free bond portfolios with a duration vector, **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v.23, p. 89-104, 1988.

CHEYETTE, O. Interest rate models. In: BABEL, D.F.; FABOZZI, F.J. (Org.). **Investment Management for Insurers**, New Hope: Fabozzi Associates, p. 237-256, 1999.

COOPER, I.A. Asset values, interest rate changes and duration, **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 12, p. 701-723, 1977.

COX, J.C.; INGERSOLL, J.E.; ROSS, S.A. A theory of the term structure of interest rates, **Econometrica**, v. 53, p. 385-407, 1985.

DE LA ROCQUE, E. C. **O mercado de juros brasileiro: uma contribuição para a modelagem de mercados de juros e futuros em economias instáveis**, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1997.

DEMO, P. **Introdução à metodologia da ciência**, São Paulo: Editora Atlas, 1985.

ELTON, E.J.; GRUBER, M.J.; MICHAELY, R. The structure of spot rates and immunization, **Journal of Finance**, v. 45, p. 629-642, 1990.

FABOZZI, F.J., **Bond Markets, Analysis and Strategies**, New Jersey: Prentice Hall International, 2000

FERNÁNDEZ, I.G.; CINCA, A.N. Inmunización de una cartera de renta fija con un modelo de duración multifactorial, **Documento de Trabajo, Universidad Complutense de Madrid**, n. 38, 1999.

FERREIRA, L. F. R. **Manual de Gestão de Renda Fixa**, São Paulo: Bookman, 2004.

FISHER, L.; WEI, R.L. Coping with the risk of interest rate fluctuations: returns to bondholders from naive and optimal strategies”, **The Journal of Business**, v. 44, p. 408-443, 1971.

FITTON, P.; MCNATT, J. F. The four faces of an interest rate model. In: BABEL, D.F.; FABOZZI, F.J. (Org.). **Investment Management for Insurers**, New Hope: Fabozzi Associates, 1999, p. 257-268.

FONG, H.G.; VASICEK, O.A. A Risk Minimizing Strategy for Portfolio Immunization, **The Journal of Finance**, v. 39, p. 1541-1546, 1984.

FRALETTI, P. B. **Ensaio sobre taxas de juros em reais e sua aplicação na análise financeira**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

GAGNON, L.; JOHNSON, L.D. Dynamic immunization under stochastic interest rates, **Journal of Portfolio Management**, v. 20, p. 48-54, 1994.

GARBADE, K.D. **Fixed Income Analytics**, Massachusetts, MIT Press, 1996.

GOLUB, B.W.; TILMAN, L.M. **Risk Management: Approaches for Fixed Income Markets**, New York: John Wiley & Sons, 2000.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**, Porto Alegre: Bookman, 2005.

HEATH, D.; JARROW, R.; MORTON, A. Bond pricing and the term structure of interest rates: a new methodology for contingent claims valuation, **Econometrica**, v. 60, p. 77-105, 1992.

HO, T.S.Y., LEE, S.B., Term structure movements and pricing interest rate contingent claims, **Journal of Finance**, v.41, p. 1011-1029, 1986.

HOWE, T.S.; MISTIC, D.L. Taxes, time diversification, and asset choice at retirement, **Journal of Economics and Finance**, v. 27, p. 404-421, 2003.

HULL, J., WHITE, A., Valuing derivative securities using explicit finite difference method, **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 25, p. 87-100, 1990.

HULL, J. **Options, futures and other derivatives**, New Jersey: Prentice-Hall International, 2000.

JORDAN, J.V.; MANSI, S.A. Term structure estimation from on-the-run Treasuries, **Journal of Banking and Finance**, v. 27, p. 1487-1509, 2003.

LAATSCH, F. E.; KLEIN, D.P. The nominal duration of TIPS bonds, **Review of Financial Economics**, v. 14, p. 47-60, 2005.

LACEY, N.J.; NAWALKHA, S.K. Convexity, risk and returns, **Journal of Fixed Income**, v.3, p. 72-79, 1993.

LAU, W.P. **An empirical examination of alternative interest rate immunization strategies**, PhD. Dissertation, University of Wisconsin, 1983.

LEVIN, A. Interest rate model selection, **The Journal of Portfolio Management**, v. 30, p. 74-86, 2004.

LITTERMAN, R.; SCHEINKMAN, J. Common factors affecting bond returns, **Journal of Fixed Income**, v. 1, p. 54-61, 1991.

MACAULAY, F. **Some theoretical problems suggested by the movements of interest rates, bond yields and stock prices in the United States since 1856**, National Bureau of Economic Research, New York, 1938.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection, **Journal of Finance**, v.7, p. 77-91, 1952.

MCCULLOCH, J.H. Measuring the term structure of interest rates, **Journal of Business**, v. 34, p. 19-31, 1971.

MCCULLOCH, J.H. The tax-adjusted yield curve, **Journal of Finance**, v. 30, p. 811-829, 1975.

MURALIDHAR, A.S. **Innovations in pension fund management**, Stanford University Press, Stanford, California, 2001.

NAWALKHA, S.K.; SOTO, G.M.; ZHANG, J. Generalized M-vector models for hedging interest rate risk, **Journal of Banking & Finance**, v. 27, p. 1581-1604, 2003.

NAWALKHA, S.K.; SOTO, G.M.; BELIAEVA, N.A. **Interest Rate Risk Modeling**, New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

NELSON, C.R.; SIEGEL, A. F. Parsimonious modeling of yield curves, **Journal of Business**, v. 60, p. 473-489, 1987.

PRISMAN, E.Z.; SHORES, M.R. Duration measures for specific term structure estimations and applications to bond portfolio immunization. **Journal of Banking and Finance**, v. 12, p. 493-504, 1988.

REDINGTON, F.M. Review of the principles of life-office valuations, **Journal of the Institute of Actuaries**, p. 286-340, 1952.

REILLY, F.K.; WRIGHT, D.J. Bond market indexes, In: FABOZZI, F.J. (Org.). **The Handbook of Fixed Income Securities**, New York: McGraw-Hill, 1997, p. 129-145.

REMENYI, D.; WILLIAMS, B.; MONEY, A.; SWARTZ, E. **Doing research in business and management: an introduction to process and method**, Sage Publications, London, 1998.

RYAN, R.J.; FABOZZI, F.J. Rethinking pension liabilities and asset allocation, **Journal of Portfolio Management**, v. 28, p. 7-16, 2002.

SANYAL, A. The integration of time-series analysis with term-structure models. In: CORNYN, A.G.; MAYES, E. (Org.). **Interest Rate Risk Models**, Chicago: Glenlake Publishing, 1997, p. 51-71.

SERPA, M.C.S. O papel do gestor de riscos em fundos de pensão, In: DUARTE, A.; VARGA, G. (Org.). **Gestão de Riscos no Brasil**, Rio de Janeiro: Financial Consultoria, 2003, p. 693-707.

SHEA, G.S. Pitfalls in smoothing interest rate term structure data: equilibrium models and spline approximations, **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 19, p. 253-269, 1984.

SOTO, G.M. Immunization derived from a polynomial duration vector in the Spanish bond market, **Journal of Banking and Finance**, v. 25, p. 1037-1057, 2001.

SOTO, G.M. Duration models and IRR management, **Journal of Banking and Finance**, v.28, p. 1089-1110, 2004.

VARGA, G.; VALLI, M. Movimentos da estrutura a termo da taxa de juros brasileira e imunização, **Economia Aplicada**, v.5, 2001.

VARGA, G. Interpolação por cubic spline para a estrutura a termo brasileira. In: DUARTE, A.; VARGA, G. (Org.). **Gestão de Riscos no Brasil**, Rio de Janeiro: Financial Consultoria, 2003, p. 207-215.

VASICEK, O.A., An equilibrium characterization of the term structure, **Journal of Financial Economics**, v. 5, p. 177-188, 1977.

VIEIRA NETO, C.A. **Modelagem da Estrutura a Termo da Taxa de Juros e Avaliação de Contratos Derivativos**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 1999.

WARING, M.B. Liability-relative investing, **Journal of Portfolio Management**, v. 30, p. 8-21, 2004.

WILLNER, R. A new tool for portfolio managers: level, slope and curvature durations, **Journal of Fixed Income**, v. 5, p. 48-59, 1996.

ZENIOS, S.A.; HOLMER, M.R.; McKENDALL, R.; VASSIADOU, C. Dynamic models for fixed-income portfolio management under uncertainty, **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 22, p. 1517-1541, 1998.

Apêndice A

Eficiência média ponderada (tabelas completas)

Nas tabelas referentes ao apêndice I, os termos EXP, ACP e CA correspondem aos modelos de imunização baseados em Willner (1996), Barber e Cooper (1996) e Nawalkha et al. (2003), respectivamente. O número associado a cada termo representa a quantidade de fatores. Os valores decimais entre parênteses representam o valor de α escolhido para os modelos baseados em choques arbitrários. Os termos ELR e CT correspondem à exposição líquida ao risco e o custo de transação respectivamente. O modelo exponencial de um fator (EXP 1) é idêntico à imunização tradicional e equivale à base 100.

Tabela 1 – Eficiência Média Ponderada (2006)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	111,34	143,01	295,66	128,47	120,84	127,18
EXP 3	41,33	173,93	474,87	96,16	81,11	107,63
EXP 4	34,46	184,88	494,16	95,05	79,58	109,67
ACP 1	153,43	32,67	199,33	125,53	117,20	93,05
ACP 2	127,89	59,15	811,79	144,90	107,27	93,52
ACP 3	143,98	130,78	785,75	172,77	140,02	137,38
ACP 4	176,43	152,58	1.211,96	222,24	169,28	164,51
CA 1 (0,25)	103,61	144,29	295,21	123,36	115,81	123,95
CA 2 (0,25)	39,38	219,64	1.033,99	134,18	93,46	129,51
CA 3 (0,25)	62,94	232,26	9.804,33	592,34	113,74	147,60
CA 4 (0,25)	143,50	277,96	41.382,50	2.239,06	183,83	210,73
CA 1 (0,50)	96,59	144,29	203,46	113,86	110,90	120,44
CA 2 (0,50)	90,62	219,64	1.141,15	175,40	129,33	155,13
CA 3 (0,50)	18,69	232,26	1.904,98	166,40	82,76	125,47
CA 4 (0,50)	14,68	277,96	6.290,10	394,27	93,66	146,32
CA 1 (0,75)	99,01	112,35	145,02	104,65	103,01	105,68
CA 2 (0,75)	109,73	159,43	409,77	137,16	124,64	134,58
CA 3 (0,75)	27,20	183,48	880,99	108,96	74,08	105,34
CA 4 (0,75)	18,76	190,89	2.229,77	172,34	70,40	104,83
CA 1 (1)	100,08	100,00	100,00	100,06	100,06	100,04
CA 2 (1)	109,31	139,19	280,13	125,32	118,27	124,25
CA 3 (1)	46,95	171,97	496,78	100,69	84,45	109,46
CA 4 (1)	37,66	184,87	1.021,02	123,63	81,82	111,27

Tabela 2 – Eficiência Média Ponderada (2007)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	85,65	103,35	257,53	98,67	90,96	94,50
EXP 3	90,93	108,44	337,32	107,63	96,18	99,68
EXP 4	91,34	108,44	340,16	108,05	96,47	99,89
ACP 1	99,20	71,70	193,12	97,02	90,95	85,45
ACP 2	156,66	198,50	250,42	171,81	169,21	177,58
ACP 3	244,67	414,71	551,60	302,53	295,68	329,69
ACP 4	185,26	638,69	494,90	314,10	321,29	411,98
CA 1 (0,25)	92,50	77,50	197,94	94,02	88,00	85,00
CA 2 (0,25)	160,00	227,04	494,36	193,48	180,11	193,52
CA 3 (0,25)	4.329,97	41.166,49	3.167,33	13.480,97	15.380,93	22.748,23
CA 4 (0,25)	20.838,67	834.999,22	34.559,63	225.064,86	265.086,84	427.918,94
CA 1 (0,50)	88,75	77,50	156,12	89,31	85,38	83,13
CA 2 (0,50)	302,17	227,04	233,17	279,94	279,63	264,61
CA 3 (0,50)	604,46	41.166,49	883,86	10.758,94	12.773,07	20.885,48
CA 4 (0,50)	1.105,63	834.999,22	7.495,81	209.898,53	251.273,70	418.052,42
CA 1 (0,75)	91,87	98,36	127,14	95,26	93,82	95,12
CA 2 (0,75)	93,55	98,38	291,87	104,67	95,00	95,96
CA 3 (0,75)	180,62	186,05	286,47	187,27	182,25	183,33
CA 4 (0,75)	472,97	1.686,72	1.750,55	840,29	837,09	1.079,84
CA 1 (1)	100,99	100,00	100,00	100,69	100,69	100,49
CA 2 (1)	85,91	103,75	247,98	98,47	91,26	94,83
CA 3 (1)	95,79	111,17	293,85	109,54	100,40	103,48
CA 4 (1)	249,36	307,80	425,16	272,76	266,89	278,58

Tabela 3 – Eficiência Média Ponderada (2008)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	157,95	112,62	220,25	149,73	144,35	135,29
EXP 3	112,72	197,69	220,09	139,33	138,21	155,20
EXP 4	118,47	210,14	237,99	147,36	145,97	164,31
ACP 1	205,40	182,08	368,79	207,74	198,40	193,74
ACP 2	130,04	268,61	1.786,43	247,50	171,61	199,33
ACP 3	124,00	305,44	1.792,57	252,79	178,44	214,72
ACP 4	119,71	427,97	2.053,75	293,48	212,19	273,84
CA 1 (0,25)	126,08	61,09	153,12	111,18	106,58	93,58
CA 2 (0,25)	305,38	767,33	272,86	419,24	443,97	536,36
CA 3 (0,25)	3.342,07	25.750,71	3.574,23	8.955,83	10.064,66	14.546,39
CA 4 (0,25)	40.074,14	3.505.423,90	67.946,15	907.805,18	1.079.679,06	1.772.749,02
CA 1 (0,50)	103,30	77,16	131,62	98,18	95,46	90,23
CA 2 (0,50)	252,51	219,21	211,32	242,12	242,52	235,86
CA 3 (0,50)	177,17	503,95	213,77	260,69	275,20	340,56
CA 4 (0,50)	628,42	2.492,12	2.703,11	1.198,08	1.187,53	1.560,27
CA 1 (0,75)	93,63	90,19	116,76	93,93	92,60	91,91
CA 2 (0,75)	202,61	135,60	212,59	186,36	182,51	169,11
CA 3 (0,75)	128,94	277,68	203,66	169,87	173,57	203,31
CA 4 (0,75)	113,14	291,71	326,56	168,46	166,71	202,43
CA 1 (1)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
CA 2 (1)	151,29	109,47	215,83	144,06	138,74	130,38
CA 3 (1)	115,50	186,12	223,63	138,56	136,68	150,81
CA 4 (1)	155,94	298,17	220,74	194,74	198,61	227,06

Tabela 4 – Eficiência Média Ponderada (2009)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	175,58	190,21	183,78	179,65	179,97	182,89
EXP 3	119,85	408,70	167,52	194,44	206,50	264,28
EXP 4	121,88	447,74	299,64	212,23	219,64	284,81
ACP 1	320,53	633,68	46,71	385,13	414,48	477,10
ACP 2	661,18	2.185,77	340,35	1.026,29	1.118,56	1.423,47
ACP 3	659,71	2.185,87	657,79	1.041,15	1.117,55	1.422,79
ACP 4	908,35	4.822,96	882,50	1.885,71	2.082,74	2.865,66
CA 1 (0,25)	215,56	80,71	126,59	177,40	175,11	148,14
CA 2 (0,25)	267,13	1.560,28	168,91	585,51	655,07	913,71
CA 3 (0,25)	4.797,39	81.958,78	3.731,36	24.034,44	27.945,81	43.378,09
CA 4 (0,25)	8.667,75	147.242,75	30.419,67	44.399,10	50.240,25	77.955,25
CA 1 (0,50)	159,62	78,24	115,96	137,09	135,20	118,93
CA 2 (0,50)	233,36	438,25	127,48	279,29	294,83	335,80
CA 3 (0,50)	176,97	805,65	202,53	335,42	365,57	491,31
CA 4 (0,50)	160,97	1.294,21	212,12	446,84	500,94	727,59
CA 1 (0,75)	127,59	88,11	109,60	116,82	115,74	107,85
CA 2 (0,75)	199,13	261,59	159,12	212,74	217,87	230,36
CA 3 (0,75)	130,79	508,54	179,85	227,68	244,11	319,66
CA 4 (0,75)	135,29	647,10	360,36	274,50	288,84	391,20
CA 1 (1)	100,36	100,00	100,00	100,26	100,26	100,18
CA 2 (1)	169,93	176,04	183,69	172,15	171,77	172,99
CA 3 (1)	123,74	390,61	163,77	192,46	203,80	257,17
CA 4 (1)	157,51	551,31	315,63	263,86	275,65	354,41

Tabela 5 – Eficiência Média Ponderada (2010)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	113,53	334,64	148,11	170,53	179,86	224,08
EXP 3	106,26	651,96	162,24	245,48	269,97	379,11
EXP 4	106,32	652,01	153,30	245,09	270,03	379,16
ACP 1	147,03	861,94	476,06	342,21	361,50	504,48
ACP 2	292,66	3.851,41	1.917,63	1.263,60	1.360,29	2.072,04
ACP 3	309,11	4.069,05	1.920,79	1.329,68	1.437,09	2.189,08
ACP 4	354,93	4.982,06	2.303,83	1.609,16	1.743,07	2.668,50
CA 1 (0,25)	125,39	135,09	108,80	126,98	128,30	130,24
CA 2 (0,25)	129,21	2.401,86	119,39	696,88	811,01	1.265,54
CA 3 (0,25)	2.547,15	190.919,65	3.882,81	49.707,06	59.058,90	96.733,40
CA 4 (0,25)	8.750,96	1.722.236,08	45.131,04	438.941,25	522.796,50	865.493,52
CA 1 (0,50)	108,15	97,16	104,83	105,24	104,85	102,65
CA 2 (0,50)	115,63	686,63	104,44	257,82	286,93	401,13
CA 3 (0,50)	106,91	1.015,94	191,75	338,41	379,62	561,43
CA 4 (0,50)	108,86	1.491,40	192,76	458,69	523,62	800,13
CA 1 (0,75)	103,47	93,98	104,22	101,13	100,62	98,72
CA 2 (0,75)	117,92	446,05	116,94	199,90	216,36	281,98
CA 3 (0,75)	105,11	711,31	177,00	260,25	286,97	408,21
CA 4 (0,75)	101,18	723,48	307,48	267,07	287,87	412,33
CA 1 (1)	100,26	100,00	100,00	100,18	100,18	100,13
CA 2 (1)	112,19	306,31	151,54	162,69	170,42	209,25
CA 3 (1)	107,37	641,15	156,84	243,29	267,51	374,26
CA 4 (1)	100,88	686,21	319,24	258,13	276,48	393,55

Tabela 6 – Eficiência Média Ponderada (2011)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	173,96	481,06	115,44	247,81	266,09	327,51
EXP 3	122,89	774,63	172,53	288,31	318,41	448,76
EXP 4	110,98	780,59	166,69	281,17	311,87	445,79
ACP 1	98,83	261,40	620,53	165,56	147,60	180,12
ACP 2	90,12	276,62	1.854,29	224,95	146,07	183,37
ACP 3	164,71	804,24	1.851,17	408,91	356,57	484,47
ACP 4	140,28	1.356,98	1.699,85	522,43	505,29	748,63
CA 1 (0,25)	158,05	204,58	95,94	166,58	172,01	181,32
CA 2 (0,25)	167,92	2.890,84	87,64	844,64	984,80	1.529,38
CA 3 (0,25)	4.453,72	337.065,15	4.021,53	87.584,97	104.237,15	170.759,43
CA 4 (0,25)	22.686,01	7.820.966,58	59.827,12	1.974.113,21	2.362.170,18	3.921.826,30
CA 1 (0,50)	128,77	127,52	96,40	126,84	128,39	128,15
CA 2 (0,50)	161,56	829,37	96,82	325,27	361,90	495,47
CA 3 (0,50)	103,71	1.034,97	166,62	339,67	383,09	569,34
CA 4 (0,50)	116,13	1.528,92	205,35	473,79	539,97	822,53
CA 1 (0,75)	115,32	106,37	99,94	112,32	112,64	110,85
CA 2 (0,75)	176,21	593,38	101,72	276,78	301,36	384,80
CA 3 (0,75)	115,41	772,27	190,48	283,38	312,46	443,84
CA 4 (0,75)	131,15	805,42	230,59	304,69	333,43	468,29
CA 1 (1)	100,80	100,00	100,00	100,56	100,56	100,40
CA 2 (1)	172,21	445,33	119,39	237,85	254,14	308,77
CA 3 (1)	126,76	781,64	161,05	292,20	323,23	454,20
CA 4 (1)	140,50	791,31	299,82	311,17	335,75	465,91

Tabela 7 – Eficiência Média Ponderada (2012)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	200,51	535,18	102,02	279,25	300,91	367,85
EXP 3	165,26	704,25	192,80	301,38	326,96	434,76
EXP 4	165,32	704,26	192,23	301,40	327,00	434,79
ACP 1	92,90	147,74	409,78	122,46	109,35	120,32
ACP 2	185,30	3.352,30	816,33	1.008,60	1.135,40	1.768,80
ACP 3	205,89	4.017,96	814,27	1.189,32	1.349,51	2.111,92
ACP 4	217,53	5.455,90	857,91	1.559,14	1.789,04	2.836,72
CA 1 (0,25)	94,35	250,73	86,15	133,03	141,26	172,54
CA 2 (0,25)	195,79	2.759,63	88,12	831,37	964,94	1.477,71
CA 3 (0,25)	3.672,25	459.489,56	4.147,11	117.650,32	140.417,44	231.580,90
CA 4 (0,25)	24.794,23	20.004.626,17	74.429,89	5.022.234,00	6.018.743,81	10.014.710,20
CA 1 (0,50)	94,26	151,65	89,73	108,38	111,48	122,95
CA 2 (0,50)	182,83	780,40	104,01	328,28	362,10	481,62
CA 3 (0,50)	143,51	865,33	148,13	324,20	360,06	504,42
CA 4 (0,50)	165,85	1.418,67	232,71	482,40	541,70	792,26
CA 1 (0,75)	97,46	117,96	96,42	102,53	103,61	107,71
CA 2 (0,75)	197,45	608,85	95,80	295,22	320,87	403,15
CA 3 (0,75)	166,13	674,33	195,21	294,63	318,59	420,23
CA 4 (0,75)	182,40	818,62	187,57	341,72	373,27	500,51
CA 1 (1)	100,19	100,00	100,00	100,13	100,13	100,09
CA 2 (1)	198,97	505,10	104,73	270,79	290,81	352,04
CA 3 (1)	166,49	722,66	183,74	306,40	333,34	444,58
CA 4 (1)	189,48	881,99	256,03	365,94	397,23	535,74

Tabela 8 – Eficiência Média Ponderada (2013)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	105,98	486,56	99,61	200,81	220,16	296,27
EXP 3	97,46	540,45	218,61	214,26	230,35	318,95
EXP 4	97,17	540,48	217,74	214,03	230,16	318,83
ACP 1	152,78	406,99	217,11	219,55	229,05	279,89
ACP 2	285,45	5.202,30	219,38	1.511,36	1.760,50	2.743,87
ACP 3	277,46	5.843,52	233,96	1.666,80	1.947,28	3.060,49
ACP 4	283,48	6.842,01	338,13	1.925,85	2.251,04	3.562,75
CA 1 (0,25)	121,06	258,09	78,41	153,19	162,17	189,58
CA 2 (0,25)	104,32	2.233,50	92,97	636,05	743,08	1.168,91
CA 3 (0,25)	3.060,15	519.241,04	4.260,82	132.165,40	157.914,41	261.150,59
CA 4 (0,25)	24.856,53	35.973.159,82	88.904,63	9.015.134,75	10.809.347,51	17.999.008,17
CA 1 (0,50)	109,12	159,19	84,28	120,39	124,14	134,15
CA 2 (0,50)	98,13	613,29	109,89	227,51	252,68	355,71
CA 3 (0,50)	95,12	634,66	138,47	232,17	256,98	364,89
CA 4 (0,50)	114,44	1.276,88	244,43	411,55	463,17	695,66
CA 1 (0,75)	104,43	123,07	93,45	108,54	110,02	113,75
CA 2 (0,75)	101,88	514,44	100,75	204,96	225,65	308,16
CA 3 (0,75)	98,17	520,73	207,76	209,29	224,94	309,45
CA 4 (0,75)	107,52	705,49	208,76	262,08	286,91	406,51
CA 1 (1)	100,65	100,00	100,00	100,45	100,45	100,32
CA 2 (1)	105,63	469,45	99,09	196,26	214,78	287,54
CA 3 (1)	98,85	555,94	208,34	218,59	235,98	327,39
CA 4 (1)	124,60	894,65	244,94	323,13	355,62	509,63

Tabela 9 – Eficiência Média Ponderada (2014)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	101,30	392,99	102,48	174,29	188,81	247,15
EXP 3	100,51	396,64	237,91	181,41	189,35	248,57
EXP 4	100,56	396,64	587,24	198,91	189,38	248,60
ACP 1	151,31	500,37	30,42	232,53	256,03	325,84
ACP 2	264,17	4.056,96	557,29	1.227,02	1.402,01	2.160,56
ACP 3	261,24	4.583,04	591,68	1.358,21	1.557,78	2.422,14
ACP 4	261,12	5.074,30	701,49	1.486,43	1.705,08	2.667,71
CA 1 (0,25)	117,29	241,14	72,13	145,99	154,45	179,21
CA 2 (0,25)	97,47	1.664,14	96,26	489,08	567,47	880,81
CA 3 (0,25)	3.095,24	530.064,96	4.364,02	134.901,11	161.186,15	266.580,10
CA 4 (0,25)	29.712,27	52.906.652,70	103.236,87	13.252.623,61	15.892.794,40	26.468.182,48
CA 1 (0,50)	108,97	154,40	79,71	118,86	122,60	131,68
CA 2 (0,50)	94,14	439,52	114,81	181,52	197,75	266,83
CA 3 (0,50)	92,85	441,62	143,75	182,59	197,48	267,24
CA 4 (0,50)	114,45	1.186,39	269,79	390,20	436,03	650,42
CA 1 (0,75)	104,34	122,44	90,88	108,19	109,77	113,39
CA 2 (0,75)	98,88	390,38	105,45	172,09	186,33	244,63
CA 3 (0,75)	100,84	394,49	204,25	179,42	188,93	247,66
CA 4 (0,75)	105,97	525,08	213,89	216,15	231,71	315,53
CA 1 (1)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
CA 2 (1)	101,35	387,85	101,21	172,97	187,30	244,60
CA 3 (1)	100,22	402,23	234,95	182,46	190,82	251,22
CA 4 (1)	129,88	795,37	242,99	301,91	329,53	462,63

Tabela 10 – Eficiência Média Ponderada (2015)

Modelo de Imunização	ELR	Diversificação	CT	Cenário I	Cenário II	Cenário III
EXP 1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
EXP 2	146,31	299,67	100,00	182,33	192,32	222,99
EXP 3	155,12	306,12	100,00	190,12	200,42	230,62
EXP 4	181,34	443,68	100,00	242,85	260,04	312,51
ACP 1	129,57	394,96	100,00	194,44	209,18	262,26
ACP 2	236,28	1.960,57	100,00	660,54	753,56	1.098,42
ACP 3	240,51	2.300,69	100,00	748,53	858,56	1.270,60
ACP 4	235,91	2.395,91	100,00	769,11	883,91	1.315,91
CA 1 (0,25)	103,25	216,37	100,00	131,37	137,19	159,81
CA 2 (0,25)	160,55	1.206,52	100,00	419,02	474,34	683,54
CA 3 (0,25)	4.552,97	518.135,71	100,00	132.726,01	158.627,79	261.344,34
CA 4 (0,25)	50.780,52	69.752.082,58	100,00	17.473.572,01	20.961.171,14	34.901.431,55
CA 1 (0,50)	101,22	144,49	100,00	111,98	114,20	122,86
CA 2 (0,50)	126,70	306,30	100,00	170,27	180,58	216,50
CA 3 (0,50)	128,25	306,41	100,00	171,38	181,70	217,33
CA 4 (0,50)	162,19	1.152,06	100,00	406,55	459,15	657,13
CA 1 (0,75)	100,35	118,96	100,00	104,99	105,94	109,66
CA 2 (0,75)	137,06	283,42	100,00	171,80	180,97	210,24
CA 3 (0,75)	156,90	310,55	100,00	192,47	203,00	233,72
CA 4 (0,75)	169,19	361,08	100,00	213,71	226,76	265,14
CA 1 (1)	100,31	100,00	100,00	100,22	100,22	100,15
CA 2 (1)	150,11	302,27	100,00	185,65	195,76	226,19
CA 3 (1)	153,81	303,13	100,00	188,45	198,61	228,47
CA 4 (1)	205,56	620,63	100,00	304,05	330,08	413,10

Apêndice B

Scripts do MATLAB

No apêndice B são apresentados os *scripts* de MATLAB utilizados com o intuito de estimar e simular a evolução da estrutura a termo da taxa de juros. Ressalta-se que algumas funções abaixo necessitam da utilização de *toolboxes* disponibilizadas pelo provedor do software.

1. Curva Spot

```
% CurvaSpot.m
Settle = datenum('10/1/2005');
Bonds = [Settle+1 0.00 [] 2 2 1; datenum('12/1/2005') 0.06 [] 2 2 1; datenum('12/1/2006') 0.06 [] 2
2 1;...
datenum('4/1/2008') 0.06 [] 2 2 1; datenum('3/1/2011') 0.06 [] 2 2 1; datenum('7/1/2017') 0.06 [] 2
2 1; datenum('4/1/2021') 0.06 [] 2 2 1; datenum('1/1/2031') 0.06 [] 2 2 1];
Yields = xlsread('NTNModificada.xls', 1, 'C285:C292');
OutputCompounding = 365;
[ZeroRates, CurveDates] = zbtyield(Bonds, Yields, Settle, OutputCompounding);
x = CurveDates;
y = ZeroRates;
t = (741809 - Settle)/30;
xi = linspace(x(1), x(8), t);
yi = spline(x,y,xi);
Q = [yi];
K(:,1) = Q
```

2. Curva Forward 2006

```
%CurvaForward2006.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Nov-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Jan-2006';
'01-Feb-2006';
'01-Mar-2006';
'01-Apr-2006';
'01-May-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Jul-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Sep-2006';
'01-Oct-2006'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(1);
yi(2);
yi(3);
yi(4);
yi(5);
yi(6);
```

```

yi(7);
yi(8);
yi(9);
yi(10);
yi(11);
yi(12)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Nov-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Jan-2006';
'01-Feb-2006';
'01-Mar-2006';
'01-Apr-2006';
'01-May-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Jul-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Sep-2006'];
EndDates = ['01-Nov-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Jan-2006';
'01-Feb-2006';
'01-Mar-2006';
'01-Apr-2006';
'01-May-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Jul-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Sep-2006';
'01-Oct-2006'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

3. Árvore BDT 2006 (Ativo)

```

% BDTTree2006.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Nov-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Jan-2006';
'01-Feb-2006';
'01-Mar-2006';
'01-Apr-2006';
'01-May-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Jul-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Sep-2006'];
EndDates = ['01-Nov-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Jan-2006';
'01-Feb-2006';
'01-Mar-2006';
'01-Apr-2006';
'01-May-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Jul-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Sep-2006'];

```

```

'01-Oct-2006'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.08658,.02232); normrnd(.08613,.02232);...
    normrnd(.08272,.02121); normrnd(.07659,.01897);...
    normrnd(.06721,.01546);normrnd(.05912,.01251);...
    normrnd(.04889,.00970); normrnd(.04147,.00935);...
    normrnd(.03677,.01054); normrnd(.03737,.00930);...
    normrnd(.04179,.00843); normrnd(.04921,.01043)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
    r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.06, '10-01-2005', '10-01-2006', 2, 0, [], [], [], [], [], 1893.84);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)
```

4. Árvore BDT 2006 (Passivo)

```

% BDTree2006L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Nov-2005';
    '01-Dec-2005';
    '01-Jan-2006';
    '01-Feb-2006';
    '01-Mar-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-May-2006';
    '01-Jun-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Aug-2006';
    '01-Sep-2006'];
EndDates = ['01-Nov-2005';
    '01-Dec-2005';
    '01-Jan-2006';
    '01-Feb-2006';
    '01-Mar-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-May-2006';
    '01-Jun-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Aug-2006';
    '01-Sep-2006';
    '01-Oct-2006'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.08658,.02232); normrnd(.08613,.02232);...
```

```

normrnd(.08272,.02121); normrnd(.07659,.01897);...
normrnd(.06721,.01546);normrnd(.05912,.01251);...
normrnd(.04889,.00970); normrnd(.04147,.00935);...
normrnd(.03677,.01054); normrnd(.03737,.00930);...
normrnd(.04179,.00843); normrnd(.04921,.01043)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2006', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)
```

5. Curva Forward 2007

```

%CurvaForward2007.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates =['01-Dec-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Aug-2007';
'01-Oct-2007'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates =[yi(2);
yi(4);
yi(6);
yi(8);
yi(10);
yi(12);
yi(14);
yi(16);
yi(18);
yi(20);
yi(22);
yi(24)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Feb-2007';
```

```

'01-Apr-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Aug-2007'];
EndDates = ['01-Dec-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Aug-2007';
'01-Oct-2007'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

6. Árvore BDT 2007 (Passivo)

```

% BDTree2007L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Dec-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Aug-2007'];
EndDates = ['01-Dec-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Aug-2007';
'01-Oct-2007'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.086,.0222); normrnd(.080,.0201);...
normrnd(.063,.0138); normrnd(.045,.0092);...
normrnd(.037,.0101);normrnd(.045,.0091);...
normrnd(.056,.0132); normrnd(.055,.0133);...
normrnd(.048,.0105); normrnd(.037,.0074);...
normrnd(.031,.0082); normrnd(.035,.0086)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...

```



```

    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolspec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2007', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)

```

7. Curva Forward 2008

```

%CurvaForward2008.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Jan-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Oct-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Apr-2007';
    '01-Jul-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jan-2008';
    '01-Apr-2008';
    '01-Jul-2008';
    '01-Oct-2008'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(3);
    yi(6);
    yi(9);
    yi(12);
    yi(15);
    yi(18);
    yi(21);
    yi(24);
    yi(27);
    yi(30);
    yi(33);
    yi(36)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Jan-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Oct-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Apr-2007';
    '01-Jul-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jan-2008';
    '01-Apr-2008';
    '01-Jul-2008'];
EndDates = ['01-Jan-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Oct-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Apr-2007';

```

```

'01-Jul-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Apr-2008';
'01-Jul-2008';
'01-Oct-2008'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
    RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

8. Árvore BDT 2008 (Ativo)

```

% BDTree2008.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Jan-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Oct-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Apr-2007';
    '01-Jul-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jan-2008';
    '01-Apr-2008';
    '01-Jul-2008'];
EndDates = ['01-Jan-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Jul-2006';
    '01-Oct-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Apr-2007';
    '01-Jul-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jan-2008';
    '01-Apr-2008';
    '01-Jul-2008';
    '01-Oct-2008'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.0850,.0218); normrnd(.0675,.0154);...
    normrnd(.0410,.0094); normrnd(.0417,.0083);...
    normrnd(.0560,.0131); normrnd(.0501,.0109);...
    normrnd(.0345,.0074); normrnd(.0329,.0082);...
    normrnd(.0472,.0140); normrnd(.0597,.0205);...
    normrnd(.0594,.0211); normrnd(.0505,.0175)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
    r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.06, '10-01-2005', '10-01-2008', 2, 0, [], [], [], [], 1893.84);
[Price, PriceTree] = bdtprc(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;

```

end

Z(1:999,:)

9. Árvore BDT 2008 (Passivo)

% BDTTree2008L.m

ValuationDate = '10-01-2005';

StartDates = ['01-Oct-2005';

'01-Jan-2006';

'01-Apr-2006';

'01-Jul-2006';

'01-Oct-2006';

'01-Jan-2007';

'01-Apr-2007';

'01-Jul-2007';

'01-Oct-2007';

'01-Jan-2008';

'01-Apr-2008';

'01-Jul-2008'];

EndDates = ['01-Jan-2006';

'01-Apr-2006';

'01-Jul-2006';

'01-Oct-2006';

'01-Jan-2007';

'01-Apr-2007';

'01-Jul-2007';

'01-Oct-2007';

'01-Jan-2008';

'01-Apr-2008';

'01-Jul-2008';

'01-Oct-2008'];

Compounding = 365;

Maturity = EndDates;

i=1;

while i<1000

r = [normrnd(.0850,.0218); normrnd(.0675,.0154);...

normrnd(.0410,.0094); normrnd(.0417,.0083);...

normrnd(.0560,.0131); normrnd(.0501,.0109);...

normrnd(.0345,.0074); normrnd(.0329,.0082);...

normrnd(.0472,.0140); normrnd(.0597,.0205);...

normrnd(.0594,.0211); normrnd(.0505,.0175)];

Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...

r(11); r(12)];

BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);

RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...

'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...

'ValuationDate', ValuationDate);

BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);

BDTTree = bdttree(BDTVolspec, RateSpec, BDTTimeSpec);

BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2008', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);

[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);

T = [PriceTree.PTree{1}];

Z(i,:) = T;

i=1+i;

end

Z(1:999,:)

10. Curva Forward 2009

%CurvaForward2009.m

RefStartDates = ['01-Oct-2005'];

```

RefEndDates = ['01-Feb-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Jun-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jun-2009';
'01-Oct-2009'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(4);
yi(8);
yi(12);
yi(16);
yi(20);
yi(24);
yi(28);
yi(32);
yi(36);
yi(40);
yi(44);
yi(48)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Jun-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jun-2009'];
EndDates = ['01-Feb-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Jun-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jun-2009';
'01-Oct-2009'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

11. Árvore BDT 2009 (Passivo)

```

% BDTree2009L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Feb-2006';
'01-Jun-2006';

```

```

'01-Oct-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Jun-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jun-2009'];
EndDates = ['01-Feb-2006';
'01-Jun-2006';
'01-Oct-2006';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Oct-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Jun-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jun-2009';
'01-Oct-2009'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.083,.0210); normrnd(.053,.0106);...
normrnd(.039,.0086); normrnd(.055,.0132);...
normrnd(.042,.0084); normrnd(.032,.0081);...
normrnd(.049,.0152); normrnd(.061,.0215);...
normrnd(.052,.0182); normrnd(.040,.0125);...
normrnd(.033,.0073); normrnd(.038,.0066)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2009', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)
```

12. Curva Forward 2010

```

%CurvaForward2010.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Mar-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Jan-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Nov-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Sep-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jul-2009'];
```

```

'01-Dec-2009';
'01-May-2010';
'01-Oct-2010'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(5);
    yi(10);
    yi(15);
    yi(20);
    yi(25);
    yi(30);
    yi(35);
    yi(40);
    yi(45);
    yi(50);
    yi(55);
    yi(60)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Mar-2006';
    '01-Aug-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Jun-2007';
    '01-Nov-2007';
    '01-Apr-2008';
    '01-Sep-2008';
    '01-Feb-2009';
    '01-Jul-2009';
    '01-Dec-2009';
    '01-May-2010'];
EndDates = ['01-Mar-2006';
    '01-Aug-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Jun-2007';
    '01-Nov-2007';
    '01-Apr-2008';
    '01-Sep-2008';
    '01-Feb-2009';
    '01-Jul-2009';
    '01-Dec-2009';
    '01-May-2010';
    '01-Oct-2010'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
    RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

13. Árvore BDT 2010 (Passivo)

```

% BDTree2010L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Mar-2006';
    '01-Aug-2006';
    '01-Jan-2007';
    '01-Jun-2007';
    '01-Nov-2007';
    '01-Apr-2008';
    '01-Sep-2008';
    '01-Feb-2009';
    '01-Jul-2009';
    '01-Dec-2009';
    '01-May-2010'];

```

```

EndDates =['01-Mar-2006';
'01-Aug-2006';
'01-Jan-2007';
'01-Jun-2007';
'01-Nov-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Sep-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Jul-2009';
'01-Dec-2009';
'01-May-2010';
'01-Oct-2010'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.080,.0199); normrnd(.041,.0094);...
normrnd(.051,.0113); normrnd(.044,.0090);...
normrnd(.033,.0081); normrnd(.056,.0185);...
normrnd(.056,.0199); normrnd(.041,.0132);...
normrnd(.033,.0070); normrnd(.042,.0057);...
normrnd(.061,.0110); normrnd(.077,.0178)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2010', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)

```

14. Curva Forward 2011

```

%CurvaForward2011.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates =['01-Apr-2006';
'01-Out-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Out-2008';
'01-Apr-2008';
'01-Out-2009';
'01-Apr-2009';
'01-Out-2010';
'01-Apr-2011';
'01-Out-2011'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(6);
yi(12);
yi(18);
yi(24);

```

```

yi(30);
yi(36);
yi(42);
yi(48);
yi(54);
yi(60);
yi(66);
yi(72)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Out-2008';
'01-Apr-2008';
'01-Out-2009';
'01-Apr-2009';
'01-Out-2010';
'01-Apr-2011'];
EndDates = ['01-Apr-2006';
'01-Out-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Out-2008';
'01-Apr-2008';
'01-Out-2009';
'01-Apr-2009';
'01-Out-2010';
'01-Apr-2011';
'01-Out-2011'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

15. Árvore BDT 2011 (Ativo)

```

% BDTTree2011.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2006';
'01-Apr-2006';
'01-Out-2007';
'01-Apr-2007';
'01-Out-2008';
'01-Apr-2008';
'01-Out-2009';
'01-Apr-2009';
'01-Out-2010';
'01-Apr-2011'];
EndDates = ['01-Apr-2006';
'01-Out-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Out-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Out-2008';
'01-Apr-2009';
'01-Out-2009';
'01-Apr-2010';

```



```

'01-Out-2010';
'01-Apr-2011';
'01-Out-2011'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.07595,.01844); normrnd(.06127,.01583);...
    normrnd(.06127,.01583); normrnd(.03118,.00916);...
    normrnd(.03704,.00878); normrnd(.03715,.01017);...
    normrnd(.03245,.00848); normrnd(.03551,.00842);...
    normrnd(.03346,.00919); normrnd(.03575,.00844);...
    normrnd(.08722,.02215); normrnd(.08418,.02103)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
    r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.06, '10-01-2005', '10-01-2011', 2, 0, [], [], [], [], [], 1893.84);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)
```

16. Árvore BDT 2011 (Passivo)

```

% BDTTree2011L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Apr-2006';
    '01-Out-2006';
    '01-Apr-2006';
    '01-Out-2007';
    '01-Apr-2007';
    '01-Out-2008';
    '01-Apr-2008';
    '01-Out-2009';
    '01-Apr-2009';
    '01-Out-2010';
    '01-Apr-2011'];
EndDates = ['01-Apr-2006';
    '01-Out-2006';
    '01-Apr-2007';
    '01-Out-2007';
    '01-Apr-2008';
    '01-Out-2008';
    '01-Apr-2009';
    '01-Out-2009';
    '01-Apr-2010';
    '01-Out-2010';
    '01-Apr-2011';
    '01-Out-2011'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
```

```

while i<1000
r = [normrnd(.07595,.01844); normrnd(.06127,.01583);...
    normrnd(.06127,.01583); normrnd(.03118,.00916);...
    normrnd(.03704,.00878); normrnd(.03715,.01017);...
    normrnd(.03245,.00848); normrnd(.03551,.00842);...
    normrnd(.03346,.00919); normrnd(.03575,.00844);...
    normrnd(.08722,.02215); normrnd(.08418,.02103)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
    r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2011', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)

```

17. Curva Forward 2012

```

%CurvaForward2012.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-May-2006';
    '01-Dec-2006';
    '01-Jul-2007';
    '01-Feb-2008';
    '01-Sep-2008';
    '01-Apr-2009';
    '01-Nov-2009';
    '01-Jun-2010';
    '01-Jan-2011';
    '01-Aug-2011';
    '01-Mar-2012';
    '01-Oct-2012'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(7);
    yi(14);
    yi(21);
    yi(28);
    yi(35);
    yi(42);
    yi(49);
    yi(56);
    yi(63);
    yi(70);
    yi(77);
    yi(84)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-May-2006';
    '01-Dec-2006';
    '01-Jul-2007';
    '01-Feb-2008';
    '01-Sep-2008';
    '01-Apr-2009';

```

```

'01-Nov-2009';
'01-Jun-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Aug-2011';
'01-Mar-2012'];
EndDates = ['01-May-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Jul-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Sep-2008';
'01-Apr-2009';
'01-Nov-2009';
'01-Jun-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Aug-2011';
'01-Mar-2012';
'01-Oct-2012'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

18. Árvore BDT 2012 (Passivo)

```

% BDTTree2012L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-May-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Jul-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Sep-2008';
'01-Apr-2009';
'01-Nov-2009';
'01-Jun-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Aug-2011';
'01-Mar-2012'];
EndDates = ['01-May-2006';
'01-Dec-2006';
'01-Jul-2007';
'01-Feb-2008';
'01-Sep-2008';
'01-Apr-2009';
'01-Nov-2009';
'01-Jun-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Aug-2011';
'01-Mar-2012';
'01-Oct-2012'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.072,.0169); normrnd(.040,.0084);...
normrnd(.043,.0088); normrnd(.041,.0111);...
normrnd(.058,.0204); normrnd(.039,.0117);...
normrnd(.037,.0070); normrnd(.061,.0109);...
normrnd(.082,.0197); normrnd(.087,.0221);...
normrnd(.078,.0186); normrnd(.066,.0138)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];

```

```

BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2012', 0, 0, [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)

```

19. Curva Forward 2013

```

%CurvaForward2013.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Jun-2006';
    '01-Feb-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jun-2008';
    '01-Feb-2009';
    '01-Oct-2009';
    '01-Jun-2010';
    '01-Feb-2011';
    '01-Oct-2011';
    '01-Jun-2012';
    '01-Feb-2013';
    '01-Oct-2013'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(8);
    yi(16);
    yi(24);
    yi(32);
    yi(40);
    yi(48);
    yi(56);
    yi(64);
    yi(72);
    yi(80);
    yi(88);
    yi(96)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
    '01-Jun-2006';
    '01-Feb-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jun-2008';
    '01-Feb-2009';
    '01-Oct-2009';
    '01-Jun-2010';
    '01-Feb-2011';
    '01-Oct-2011';
    '01-Jun-2012';
    '01-Feb-2013'];
EndDates = ['01-Jun-2006';
    '01-Feb-2007';
    '01-Oct-2007';
    '01-Jun-2008';

```

```

'01-Feb-2009';
'01-Oct-2009';
'01-Jun-2010';
'01-Feb-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Feb-2013';
'01-Oct-2013'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
  RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

20. Árvore BDT 2013 (Passivo)

```

% BDTree2013L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
  '01-Jun-2006';
  '01-Feb-2007';
  '01-Oct-2007';
  '01-Jun-2008';
  '01-Feb-2009';
  '01-Oct-2009';
  '01-Jun-2010';
  '01-Feb-2011';
  '01-Oct-2011';
  '01-Jun-2012';
  '01-Feb-2013'];
EndDates = ['01-Jun-2006';
  '01-Feb-2007';
  '01-Oct-2007';
  '01-Jun-2008';
  '01-Feb-2009';
  '01-Oct-2009';
  '01-Jun-2010';
  '01-Feb-2011';
  '01-Oct-2011';
  '01-Jun-2012';
  '01-Feb-2013';
  '01-Oct-2013'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.067,.0151); normrnd(.046,.0093);...
  normrnd(.033,.0078); normrnd(.055,.0183);...
  normrnd(.045,.0153); normrnd(.034,.0069);...
  normrnd(.059,.0100); normrnd(.082,.0200);...
  normrnd(.086,.0216); normrnd(.074,.0170);...
  normrnd(.059,.0112); normrnd(.045,.0065)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
  r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
  'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
  'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2013', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];

```

```

Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)

```

21. Curva Forward 2014

```

%CurvaForward2014.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Jul-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Jul-2009';
'01-Apr-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jul-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Jan-2014';
'01-Oct-2014'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(9);
yi(18);
yi(27);
yi(36);
yi(45);
yi(54);
yi(63);
yi(72);
yi(81);
yi(90);
yi(99);
yi(108)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Jul-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Jul-2009';
'01-Apr-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jul-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Jan-2014'];
EndDates = ['01-Jul-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Jul-2009';
'01-Apr-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jul-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Jan-2014';
'01-Oct-2014'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...

```

RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

22. Árvore BDT 2014 (Passivo)

```
% BDTree2014L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Jul-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Jul-2009';
'01-Apr-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jul-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Jan-2014'];
EndDates = ['01-Jul-2006';
'01-Apr-2007';
'01-Jan-2008';
'01-Oct-2008';
'01-Jul-2009';
'01-Apr-2010';
'01-Jan-2011';
'01-Oct-2011';
'01-Jul-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Jan-2014';
'01-Oct-2014'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.062,.0134); normrnd(.049,.0104);...
normrnd(.033,.0081); normrnd(.056,.0198);...
normrnd(.034,.0088); normrnd(.049,.0066);...
normrnd(.079,.0186); normrnd(.086,.0217);...
normrnd(.073,.0166); normrnd(.057,.0102);...
normrnd(.040,.0062); normrnd(.031,.0085)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2014', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)
```

23. Curva Forward 2015

```
%CurvaForward2015.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
```

```

RefEndDates = ['01-Aug-2006';
'01-Jun-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Dec-2009';
'01-Oct-2010';
'01-Aug-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Feb-2014';
'01-Dec-2014';
'01-Oct-2015'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(10);
yi(20);
yi(30);
yi(40);
yi(50);
yi(60);
yi(70);
yi(80);
yi(90);
yi(100);
yi(110);
yi(120)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Aug-2006';
'01-Jun-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Dec-2009';
'01-Oct-2010';
'01-Aug-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Feb-2014';
'01-Dec-2014'];
EndDates = ['01-Aug-2006';
'01-Jun-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Dec-2009';
'01-Oct-2010';
'01-Aug-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Feb-2014';
'01-Dec-2014';
'01-Oct-2015'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

24. Árvore BDT 2015 (Passivo)

```

% BDTree2015L.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Aug-2006';
'01-Jun-2007';

```



```

'01-Apr-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Dec-2009';
'01-Oct-2010';
'01-Aug-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Feb-2014';
'01-Dec-2014'];
EndDates = ['01-Aug-2006';
'01-Jun-2007';
'01-Apr-2008';
'01-Feb-2009';
'01-Dec-2009';
'01-Oct-2010';
'01-Aug-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Apr-2013';
'01-Feb-2014';
'01-Dec-2014';
'01-Oct-2015'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.058,.0118); normrnd(.048,.0101);...
normrnd(.042,.0117); normrnd(.048,.0165);...
normrnd(.036,.0071); normrnd(.069,.0143);...
normrnd(.086,.0219); normrnd(.075,.0176);...
normrnd(.058,.0105); normrnd(.040,.0063);...
normrnd(.030,.0084); normrnd(.035,.0109)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolspec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.00, '10-01-2005', '10-01-2015', 0, 0, [], [], [], [], [], 1000);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)
```

25. Curva Forward 2017

```

%CurvaForward2017.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Out-2006';
'01-Out-2007';
'01-Out-2008';
'01-Out-2009';
'01-Out-2010';
'01-Out-2011';
'01-Out-2012';
'01-Out-2013';
'01-Out-2014';
```

```

'01-Out-2015';
'01-Out-2016';
'01-Out-2017'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(12);
yi(24);
yi(36);
yi(48);
yi(60);
yi(72);
yi(84);
yi(96);
yi(108);
yi(120);
yi(132);
yi(144)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Out-2006';
'01-Out-2007';
'01-Out-2008';
'01-Out-2009';
'01-Out-2010';
'01-Out-2011';
'01-Out-2012';
'01-Out-2013';
'01-Out-2014';
'01-Out-2015';
'01-Out-2016'];
EndDates = ['01-Out-2006';
'01-Out-2007';
'01-Out-2008';
'01-Out-2009';
'01-Out-2010';
'01-Out-2011';
'01-Out-2012';
'01-Out-2013';
'01-Out-2014';
'01-Out-2015';
'01-Out-2016';
'01-Out-2017'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

26. Árvore BDT 2017 (Ativo)

```

% BDTree2017.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Out-2006';
'01-Out-2007';
'01-Out-2008';
'01-Out-2009';
'01-Out-2010';
'01-Out-2011';
'01-Out-2012';
'01-Out-2013';
'01-Out-2014';
'01-Out-2015';
'01-Out-2016'];

```

```

EndDates =['01-Out-2006';
'01-Out-2007';
'01-Out-2008';
'01-Out-2009';
'01-Out-2010';
'01-Out-2011';
'01-Out-2012';
'01-Out-2013';
'01-Out-2014';
'01-Out-2015';
'01-Out-2016';
'01-Out-2017'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.04890,.00949); normrnd(.03819,.00754);...
normrnd(.05395,.01821); normrnd(.03293,.00743);...
normrnd(.06510,.01274); normrnd(.08569,.02159);...
normrnd(.07035,.01556); normrnd(.04811,.00733);...
normrnd(.03147,.00871); normrnd(.03392,.01052);...
normrnd(.04320,.01453); normrnd(.04362,.01466)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.06, '10-01-2005', '10-01-2017', 2, 0, [], [], [], [], [], 1893.84);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)

```

27. Curva Forward 2021

```

%CurvaForward2021.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates =['01-Feb-2007';
'01-Jun-2008';
'01-Out-2009';
'01-Feb-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Out-2013';
'01-Feb-2015';
'01-Jun-2016';
'01-Out-2017';
'01-Feb-2019';
'01-Jun-2020';
'01-Out-2021'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(16);
yi(32);
yi(48);
yi(64);

```

```

yi(80);
yi(96);
yi(112);
yi(128);
yi(144);
yi(160);
yi(176);
yi(192)];
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2008';
'01-Out-2009';
'01-Feb-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Out-2013';
'01-Feb-2015';
'01-Jun-2016';
'01-Out-2017';
'01-Feb-2019';
'01-Jun-2020'];
EndDates = ['01-Feb-2007';
'01-Jun-2008';
'01-Out-2009';
'01-Feb-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Out-2013';
'01-Feb-2015';
'01-Jun-2016';
'01-Out-2017';
'01-Feb-2019';
'01-Jun-2020';
'01-Out-2021'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

28. Árvore BDT 2021 (Ativo)

```

% BDTree2021.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Feb-2007';
'01-Jun-2008';
'01-Out-2009';
'01-Feb-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Out-2013';
'01-Feb-2015';
'01-Jun-2016';
'01-Out-2017';
'01-Feb-2019';
'01-Jun-2020'];
EndDates = ['01-Feb-2007';
'01-Jun-2008';
'01-Out-2009';
'01-Feb-2011';
'01-Jun-2012';
'01-Out-2013';
'01-Feb-2015';
'01-Jun-2016';
'01-Out-2017';

```

```

'01-Feb-2019';
'01-Jun-2020';
'01-Out-2021'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.03854,.00946); normrnd(.03539,.00892);...
    normrnd(.03480,.00933); normrnd(.07014,.01492);...
    normrnd(.07974,.01928); normrnd(.05174,.00846);...
    normrnd(.03048,.00845); normrnd(.03885,.01273);...
    normrnd(.04400,.01484); normrnd(.03290,.00975);...
    normrnd(.03441,.00889); normrnd(.05051,.00867)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
    r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
    'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
    'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.06, '10-01-2005', '10-01-2021', 2, 0, [], [], [], [], [], 1893.84);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=1+i;
end
Z(1:999,:)
```

29. Curva Forward 2031

```

%CurvaForward2031.m
RefStartDates = ['01-Oct-2005'];
RefEndDates = ['01-Nov-2007';
    '01-Dec-2009';
    '01-Jan-2012';
    '01-Feb-2014';
    '01-Mar-2016';
    '01-Apr-2018';
    '01-May-2020';
    '01-Jun-2022';
    '01-Jul-2024';
    '01-Aug-2026';
    '01-Sep-2028';
    '01-Oct-2030'];
Compounding = 365;
ValuationDate = ['1-Oct-2005'];
RefRates = [yi(25);
    yi(50);
    yi(75);
    yi(100);
    yi(125);
    yi(150);
    yi(175);
    yi(200);
    yi(225);
    yi(250);
    yi(275);
    yi(300)];
StartDates = ['01-Oct-2005'];
```

```

'01-Nov-2007';
'01-Dec-2009';
'01-Jan-2012';
'01-Feb-2014';
'01-Mar-2016';
'01-Apr-2018';
'01-May-2020';
'01-Jun-2022';
'01-Jul-2024';
'01-Aug-2026';
'01-Sep-2028'];
EndDates = ['01-Nov-2007';
'01-Dec-2009';
'01-Jan-2012';
'01-Feb-2014';
'01-Mar-2016';
'01-Apr-2018';
'01-May-2020';
'01-Jun-2022';
'01-Jul-2024';
'01-Aug-2026';
'01-Sep-2028';
'01-Oct-2030'];
Rates = ratetimes(Compounding, RefRates, RefEndDates,...
RefStartDates, EndDates, StartDates, ValuationDate);

```

30. Árvore BDT 2031 (Ativo)

```

% BDTree2031.m
ValuationDate = '10-01-2005';
StartDates = ['01-Oct-2005';
'01-Nov-2007';
'01-Dec-2009';
'01-Jan-2012';
'01-Feb-2014';
'01-Mar-2016';
'01-Apr-2018';
'01-May-2020';
'01-Jun-2022';
'01-Jul-2024';
'01-Aug-2026';
'01-Sep-2028'];
EndDates = ['01-Nov-2007';
'01-Dec-2009';
'01-Jan-2012';
'01-Feb-2014';
'01-Mar-2016';
'01-Apr-2018';
'01-May-2020';
'01-Jun-2022';
'01-Jul-2024';
'01-Aug-2026';
'01-Sep-2028';
'01-Oct-2030'];
Compounding = 365;
Maturity = EndDates;
i=1;
while i<1000
r = [normrnd(.03431,.00967); normrnd(.03702,.01090);...
normrnd(.07793,.01831); normrnd(.05236,.00869)];...

```

```

normrnd(.03233,.00975); normrnd(.04203,.01401);...
normrnd(.03145,.00869); normrnd(.05413,.00971);...
normrnd(.07498,.01699); normrnd(.07180,.01568);...
normrnd(.03913,.00964); normrnd(.08727,.02910)];
Volatility = [r(1); r(2); r(3); r(4); r(5); r(6); r(7); r(8); r(9); r(10);...
r(11); r(12)];
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate, EndDates, Volatility);
RateSpec = intenvset('Compounding',365,'Rates', Rates,...
'StartDates', StartDates, 'EndDates', EndDates,...
'ValuationDate', ValuationDate);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate, Maturity, Compounding);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec, RateSpec, BDTTimeSpec);
BDTInstSet = instadd('Bond', 0.12, '10-01-2005', '10-01-2030', 2, 0, [], [], [], [], 1805.16);
[Price, PriceTree] = bdtprice(BDTTree, BDTInstSet);
T = [PriceTree.PTree{1}];
Z(i,:) = T;
i=i+1;
end
Z(1:999,:)
```

ⁱ A rigor, o VGBL é um plano de seguro de vida com cobertura por sobrevivência e não um plano de previdência, embora exista a alternativa de indenização sob a forma de anuidade, baseada no montante acumulado ao final do prazo de diferimento.

ⁱⁱ A resolução do Conselho de Gestão da Previdência Complementar nº 16, de 22 de novembro de 2005, define a modalidade de contribuição variável como aquela na qual os benefícios programados apresentam a conjugação das características das modalidades de contribuição definida e benefício definido.

ⁱⁱⁱ Para efeito desta tese, os termos estrutura a termo, curva de juros e estrutura a termo das taxas de juros serão utilizados de forma indistinta.

^{iv} No mercado aberto, a não aderência à tábua será bancada pelo segurador. No mercado fechado, a não aderência será bancada pelos patrocinadores.

^v Estratégias do tipo *lifestyle* são definidas como estratégias de alocação nas quais o investimento em renda variável é transformado em investimento em renda fixa, a medida que se aproxima a data de aposentadoria do beneficiário. Para efeito dessa tese, o termo será utilizado de forma ligeiramente distinta, significando a aplicação de parte dos recursos garantidores dos benefícios já concedidos em renda variável.

^{vi} Gagnon e Johnson (1994) não concordam com o entendimento usual de que a imunização é uma estratégia passiva. Segundo os autores, a necessidade de “rebalanceamentos” é condição suficiente para caracterizar a imunização como uma estratégia ativa.

^{vii} Relatório da Dívida Pública Mobiliária Federal Interna – DPMFi de maio de 2006.

^{viii} Ademais, a legislação brasileira não contempla a possibilidade de negociação do cupom pago pelas NTN-C em separado do principal, o que reduz a possibilidade de formatação de carteiras dedicadas. Esse mecanismo, conhecido como strips (*separate trading of registered interest and principal*) só é permitido para as NTN-B e NTN-D. No mercado americano, os cupons dos títulos indexados à inflação (Treasury Inflation-Protected Securities – TIPS) são passíveis de negociação, o que incrementa as possibilidades de gestão (LAATSCH e KLEIN, 2005).

^{ix} A taxa de juros instantânea é uma entidade teórica não observada na realidade. Normalmente, a taxa anualizada de 1 dia ou de 1 mês é utilizada como proxy. Ver De La Rocque (1997) para uma discussão detalhada sobre o assunto.

^x Relatório da Dívida Pública Mobiliária Federal Interna – DPMFi de maio de 2006.

^{xi} O termo *bootstrap* é um conceito genérico e pode ser traduzido como a melhora de uma determinada situação por meio do próprio esforço, sem auxílio externo. Nesse sentido, convencionou-se denominar esse tipo de técnica para o cálculo da curva *spot* de método *bootstrap*, uma vez que as taxas a vista são computadas tão somente por meio da utilização dos títulos com cupom existentes. O termo voltará a ser utilizado no capítulo 4, em contexto diverso, mas com significado semelhante.

^{xii} O modelo de Cox, Ingersoll e Ross (1985) descreve a volatilidade das taxas de juros como proporcional à raiz quadrada da taxa verificada, estando, portanto, entre os extremos representados pelos modelos normais e lognormais, respectivamente.

^{xiii} A rigor, existe uma quarta perspectiva. Elton et al. (1990) e, posteriormente, Navarro e Nave (2001) propuseram a utilização de modelos baseados no conceito de “pontos ótimos” da ETTJ (*optimal keyrates*, no original). Nesse caso, as modificações da ETTJ são descritas por variações em um ou mais pontos da curva de juros e por sua correlação com as demais taxas. A análise está focada na busca por evidências que permitam discernir qual ou quais pontos específicos possuem maior representatividade. Entretanto, esses modelos não serão alvo de análise na medida em que partem da premissa de que a mudança da ETTJ pode ser descrita de forma precisa por alterações em um número limitado de vértices chaves escolhidos de forma *ad hoc*.

^{xiv} A análise fatorial se subdivide em análise de fatores comuns e análise de componentes. O modelo fatorial de componentes é o mais apropriado, quando o objetivo principal de estudo é identificar o número mínimo de fatores necessários para explicar a parte máxima da variância do conjunto original de variáveis.

^{xv} *Weak immunization condition*, no original.

^{xvi} Nos modelos de Fong e Vasicek e Balbás e Ibáñez, o risco de imunização só será igual a zero quando da utilização de um título sem cupom com vencimento em data idêntica a do horizonte de investimento.

^{xvii} Embora pareça existir uma prevalência de análises sob o prisma nominal, a existência de um volume significativo de títulos indexados a índices de preços no mercado brasileiro de renda fixa se consubstancia em um incentivo para a análise em termos reais. Ademais, Laatsch e Klein (2005) demonstram que, mantida constante a inflação esperada, a *duration* efetiva de títulos sem cupom indexados a índices de inflação é igual a de títulos zero de prazo idêntico.

^{xviii} Alternativamente, o indicador de *tracking error* pode ser obtido por meio do cálculo do desvio-padrão de uma série de dados composta pela diferença entre o retorno da carteira e o retorno do *benchmark*, sendo seu valor ideal igual a zero. Entretanto, para que se pudesse comparar os resultados obtidos com aqueles explicitados por Soto (2004), o desvio padrão foi preterido em prol da mediana.

^{xix} Embora, os dados sobre o mercado secundário de títulos públicos federais estejam disponíveis a partir de agosto de 2000, foi apenas em outubro de 2002 que se tornaram disponíveis todos os títulos utilizados nessa análise.

^{xx} De fato, os estudos comparativos de Soto (2004) e Bravo e da Silva (2006) restringem-se a um horizonte de investimento de 3 e 4 anos, respectivamente.

^{xxi} *Ex-ante tracking error*, no original. Ver Golub e Tilman, 2000, p. 177.

^{xxii} Ver cartilha “Propostas para o Aprimoramento dos Mercados Primário e Secundário da Dívida Pública Mobiliária” no *site* do Banco Central do Brasil: www.bacen.gov.br

^{xxiii} O legislador, preocupado em mitigar o risco decorrente de alavancagem, restringiu a operação com derivativos às operações de *hedge* no caso das EAPC (Resolução CNSP nº 98/2002). No que diz respeito às EFPC, as operações que não se destinam à diminuição do risco são desestimuladas pela obrigatoriedade de manutenção de recursos aplicados em ativos de baixíssimo risco, a título de contrapartida (Resolução CMN nº 3121/2003).