



**Mauricio Piragibe de Carvalho Faria**

**Análise de Bonds Corporativos: o caso da  
emissão de US\$ 11 bilhões da Petrobras - a maior da  
história para Mercados Emergentes**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Carlos Patrício Samanez

Rio de Janeiro

Abril de 2014



**Mauricio Piragibe de Carvalho Faria**

**Análise de Bonds Corporativos: o caso da emissão de  
US\$ 11 bilhões da Petrobras - a maior da história para  
Mercados Emergentes**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Carlos Patricio Samanez**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. André Barreira da Silva Rocha**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Davi Michel Valladão**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Letícia de Almeida Costa**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de abril de 2014

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Maurício Piragibe de Carvalho Faria**

Engenheiro de produção formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em junho de 2000 e Engenheiro de Produção da Petrobras desde janeiro de 2007.

#### Ficha Catalográfica

Faria, Maurício Piragibe de Carvalho

Análise de Bonds Corporativos: o caso da emissão de US\$ 11 bilhões da Petrobras - a maior da história para Mercados Emergentes / Maurício Piragibe de Carvalho Faria; orientador: Carlos Patrício Samanez. – 2014.

163 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2014.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Bônus. 3. Renda fixa. I. Samanez, Carlos Patrício. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico aos meus filhos Mateus e Maria Eduarda.

## **Agradecimentos**

Agradeço a:

- Carlos Patrício Samanez, por sua precisa orientação e estímulo ao meu desenvolvimento acadêmico;
- Cláudia Guimarães Teti, pelo apoio que me ofereceu nas questões administrativas do DEI;
- Marco Antonio Guimarães Dias e Fernando Aiube da Petrobras por estarem sempre disponíveis.

## Resumo

Faria, Maurício Piragibe de Carvalho; Samanez, Carlos Patrício (Orientador). **Análise de *Bonds* Corporativos: o caso da emissão de US\$ 11 bilhões da Petrobras - a maior da história para Mercados Emergentes**. Rio de Janeiro, 2014. 163p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho analisará uma das maiores emissões de *bonds* de todos os tempos, a emissão de USD 11 bilhões de *bonds* da Petrobras que aconteceu em maio de 2013. Além de ser a maior transação da história para países emergentes até hoje, a emissão também foi feita em hora oportuna quando a Petrobras aproveitou uma excelente janela e mercado para fazer a emissão. A repercussão da transação também foi excelente tendo sido veiculada em vários meios de comunicação. O trabalho relatará do anúncio, precificação e lançamento da emissão que foi muito bem recebida pelo mercado financeiro.

## Palavras-chave

Bônus; Renda Fixa.

## Abstract

Faria, Maurício Piragibe de Carvalho; Samanez, Carlos Patrício (Advisor). **Corporate *Bonds* analysis: the case of Petrobras USD 11 billion bonds issue the biggest for emerging markets.** Rio de Janeiro, 2014. 163p. MSc Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This paper will examine one of the largest *bond* issue ever, the USD 11 billion Petrobras *bonds* issue by Petrobras, the brazilian oil company, held in May 2013. Besides being the largest transaction in history for emerging countries until today, the issue has also been taken in proper time when Petrobras took an excellent market window to make the issue. The effect of the transaction was also great having been conveyed in various media vehicles. The work will speak with the market's announce, pricing and launch the issue which was very well received by the financial market.

## Keywords

*Bonds*; Fixed Income.

# Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>14</b>
1.1. Considerações Iniciais	14
1.2. Estudos realizados	15
1.3. Organização do estudo	19
<b>2. Modelos de Precificação de Bonds</b>	<b>19</b>
2.1. Definição de <i>Bond</i>	19
2.2. Principais lançadores de <i>bonds</i>	19
2.3. A Maturidade	20
2.3.1. O valor do principal e a taxa de cupom	21
2.3.2. Algumas características especiais que podem ser adicionadas aos <i>bonds</i>	22
2.3.3. Riscos associados aos investimentos em <i>bonds</i>	24
2.3.4. A Análise Tradicional de <i>Bonds</i>	26
2.3.5. O valor de um título de renda fixa	27
2.3.6. A relação preço x taxa de desconto	29
2.3.7. Análise de retorno	31
2.4. A relação preço x prazo de maturidade	33
2.4.1. Medidas de sensibilidade	34
2.4.2. <i>Duration</i>	34
2.4.3. Convexidade	38
2.5. Imunização	41
<b>3. A estrutura temporal das taxas de juros</b>	<b>45</b>
3.1. A taxa de juros <i>spot</i>	46
3.2. A taxa de juros <i>forward</i>	47
3.3. O formato da curva de juros <i>spot</i>	48
3.3.1. Curva monotonicamente	49
3.3.2. Curva monotonicamente decrescente	50
3.3.3. Curva em corcova	50
3.3.4. Curva constante	51
3.4. As teorias que explicam a estrutura temporal das taxas de juros	51
3.4.1. A teoria das expectativas	51
3.4.2. A teoria da preferência pela liquidez	52
3.4.3. A teoria da segmentação do mercado	53
3.4.4. A teoria do habitat preferencial	54
3.5. A importância da forma da curva de juros na avaliação dos <i>bonds</i>	54
3.6. <i>Duration</i> e a estrutura temporal das taxas de juros	55
3.7. Imunização utilizando a estrutura temporal das taxas de juros	57
<b>4. Modelos Dinâmicos que explicam a Estrutura Temporal das Taxas de Juros</b>	<b>60</b>
4.1. Os modelos de tempo contínuo	60
4.1.1. O Modelo de Merton	61



4.1.2. O Modelo de Vasicek	63
4.1.3. O Modelo de Cox, Ingersoll e Ross (CIR)	66
4.1.4. Comparação entre o modelo de Vasicek e o modelo CIR	67
4.2. Os Modelos de tempo discreto	69
4.2.1. O Modelo de Ho e Lee	70
4.2.2. O Modelo Solomon	72
4.2.3. O Modelo Goldman Sachs (BDT)	73
4.3. Aplicação do modelo BDT a uma situação hipotética	75
4.4. <i>Bonds</i> Zero-Coupon	79
4.5. <i>Bootstrapping</i>	79
<b>5. Eurobonds</b>	<b>81</b>
5.1. A Natureza dos <i>eurobonds</i>	81
5.2. <i>Bonds</i> domésticos, <i>bonds</i> estrangeiros, <i>Eurobonds</i> e <i>Global Bonds</i>	82
5.3. <i>Bonds</i> , Notes, Commercial Papers e Consols	85
5.4. Tipos de <i>bonds</i>	86
5.4.1. Pela remuneração	86
5.4.2. Pelo Emissor	89
5.4.3. <i>Investment-Grade Bonds</i>	89
5.4.4. <i>High Yield Bonds</i>	89
5.4.5. <i>Corporate Bonds</i>	91
5.4.6. <i>Sovereign Bonds</i>	92
5.4.7. <i>Brady Bonds</i>	93
5.5. A Troca dos <i>Brady Bonds</i> brasileiros e o Global 40	95
5.6. A Importância dos Títulos emitidos pelo Governo	96
5.7. Fundamento das operações com <i>Bonds</i> (cupom, vencimento, valor de face, etc)	97
5.7.1. Taxa de juros do Cupom	97
5.7.2. Valor Nominal, Valor de Face ou Valor ao Par	97
5.7.3. Data de Vencimento	98
5.7.4. Cláusulas contratuais	98
5.8. Riscos nas operações com <i>Bonds</i>	100
5.8.1. Risco de Taxa de Juros	100
5.8.2. Risco de Reinvestimento	100
5.8.3. Risco de reinvestimento x Risco de mercado	100
5.8.4. Risco de Resgate Antecipado	101
5.8.5. Risco de Inadimplência	101
5.8.6. Risco de Inflação	102
5.8.7. Risco Cambial	102
5.8.8. Risco de Liquidez	102
5.8.9. Risco de Volatilidade	103
5.8.10. Risco de Risco	103
5.9. A Estrutura a termo da taxa de juros	103
5.9.1. A Teoria das Expectativas Imparciais	104
5.9.2. A Teoria da Preferência pela Liquidez	105
5.9.3. A Teoria dos Habitats Preferidos	106
5.9.4. Hipótese de Segmentação de Mercado	107
<b>6. A Capitalização da Petrobras</b>	<b>108</b>
6.1. Capitalização	108

6.2. A capitalização da Petrobras	109
6.3. A cessão onerosa	109
6.4. As fases da capitalização?	110
6.5. A importância do preço do barril	110
<b>7. A Petrobras e suas comparáveis</b>	<b>112</b>
7.1. As Empresas de Petróleo e Gás na América Latina Enfrentam Risco de Pressão por Crescimento Financiada por Dívida	112
7.2. Os Riscos Variam Muito entre as Principais Empresas Petrolíferas Estatais Latino-Americanas	113
7.3. Ambiente Macroeconômico Favorável para a PEMEX e a Ecopetrol	114
7.4. Ecopetrol, Petrobras e YPF Prontas para um Crescimento Substancial em 2017-18	116
7.5. Políticas Financeiras Variam Muito para NOCs na América Latina	118
7.6. A Governança Corporativa e a Transparência Variam Consideravelmente	120
7.7. Rentabilidade Varia de Acordo com a Geologia e os Royalties do Governo	121
7.8. Crescente Alavancagem para a Maior Parte do Grupo	122
7.8.1. A Estrutura de Capital da Petrobras	123
7.8.2. Definindo a Estrutura de Capital Desejada	125
7.8.3. Estrutura de Capital	127
7.9. Custo do capital próprio ( <i>Cost of Equity - <math>K_e</math></i> )	128
7.9.1. CAPM ( <i>Capital Asset Price Model</i> )	129
7.9.2. Custo das Dívidas ( $K_d$ )	131
7.9.3. WACC – <i>Weight Average Cost of Capital</i>	132
7.9.4. Cuidados na Utilização do WACC	133
7.9.5. Suposições do CAPM	134
7.9.6. Cálculo do WACC	136
7.10. Custo de Capital, alavancagem financeira e beta	136
7.11. Simulação de Monte Carlo	139
7.11.1. Utilizando a Simulação de Monte Carlo para Gerar Caminhos de Taxas de Juros e Fluxos de Caixa	140
7.12. Alavancagem financeira: risco financeiro	144
<b>8. A Emissão de Bonds de US\$ 11 Bilhões da Petrobras</b>	<b>146</b>
8.1. A emissão de US\$ 11 bilhões de <i>bonds</i> pela Petrobras	146
8.2. <i>Bonds</i> da Petrobras	148
8.3. <i>T-Spread</i> , <i>G-Spread</i> e <i>New Issue Premium</i> (NIP)	150
8.3.1. O <i>T-Spread</i>	150
8.3.2. O <i>G-Spread</i>	151
8.3.3. O NIP ( <i>New Issue Premium</i> )	152
8.4. Precificação	152
<b>9. Conclusões</b>	<b>155</b>
9.1. Discussões sobre as questões da pesquisa	155
9.2. Propostas para trabalhos futuros	156
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>158</b>

## Lista de figuras

Figura 1: Curva Preço-Juros, para um <i>bond</i> que paga cupom.	30
Figura 2: Curva Preço-Maturidade.	34
Figura 3: Comparação entre a curva real de preço de um título e sua aproximação obtida a partir da equação da Macaulay <i>duration</i> .	38
Figura 4: Determinação do valor de um título utilizando Macaulay <i>duration</i> e convexidade.	41
Figura 5: As formas da estrutura temporal das taxas de juros.	49
Figura 6: Evolução dinâmica do preço de um <i>bond</i> com o tempo.	63
Figura 7: Caminhos simulados de taxas de juros futuras de um mês.	141
Figura 8: Caminhos Simulados de Taxas de Refinanciamento.	142
Figura 9: Fluxo de Caixa Simulado em cada um dos Caminhos de Taxas de Juros.	142
Figura 10: Caminhos Simulados de Taxas de Juros <i>Spot</i> Mensais.	143
Figura 11: Valor do <i>T-Spread</i> .	150
Figura 12: <i>G-Spread</i> .	151
Figura 13: Valor do NIP.	152
Figura 14: Subida dos <i>yields</i> .	156
Figura 15: Bonds em EUR e GBP.	157

## Lista de tabelas

Tabela 1: Relação Preço-Juros <i>Bond</i> de 10 anos, cupom anual de 8%.	30
Tabela 2: Relação Preços-Maturidade <i>Bonds</i> de diversas maturidades e taxas de cupom, avaliados à taxa de juros de mercado de 10% a.a.	33
Tabela 3: Determinação do valor de um <i>bond</i> usando Macaulay <i>duration</i> como única medida de sensibilidade do preço a alterações nas taxas de juros.	37
Tabela 4: Relação Preço- <i>Duration</i> -Convexidade Para <i>Bonds</i> de 10 anos e cupom de 8% a.a.	40
Tabela 5: Exemplo de imunização de um passivo futuro utilizando 2 títulos com diferentes padrões de fluxo de caixa.	44
Tabela 6A: Taxas de juros e fluxos de caixa.	58
Tabela 6B: Determinação da Fisher-Weil <i>duration</i> ( $D_{FW}$ ).	58
Tabela 6C: Imunização usando Fisher-Weil <i>duration</i> .	59
Tabela 7: Curvas hipotéticas de juros e de volatilidade.	75
Tabela 8: Estrutura de Capital da Petrobras (em milhões)	128
Tabela 9: Cálculo do Custo do Patrimônio Líquido ( $K_e$ )	130
Tabela 10: Cálculo do Custo da Dívida ( $K_d$ )	132
Tabela 11: As Maiores Emissões de <i>Bonds</i> do Mundo	146
Tabela 12: <i>Initial Price Thoughts</i> (IPT)	147
Tabela 13: Revisão de Preço (Revised Guidance)	147
Tabela 14: Lançamento (Launch)	148
Tabela 15: <i>Bonds Outstanding</i> da Petrobras (até setembro de 2014)	149
Tabela 16: <i>Bonds</i> de Referência	153
Tabela 17: Cálculos da Precificação.	154
Tabela 18: Precificação da Emissão	154
Tabela 19: Subida dos <i>Yields</i>	156

## Lista de gráficos

Gráfico 1: <i>Eurobonds</i> por moeda de denominação.	83
Gráfico 2: <i>Yield Curve</i> da Petrobras.	153

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Considerações Iniciais

Os bônus ou *bonds* como são conhecidos no mercado norte-americano, são formas de financiamento utilizados por governos e empresas para viabilizarem seus planos de investimento.

Esse trabalho disserta sobre as características dos *bonds* e posteriormente relativa sobre a emissão de bonds da Petrobras de US\$ 11 bilhões realizada no ano de 2013, uma das maiores emissões de bônus corporativos de todos os tempos, conforme será mostrado ao longo da dissertação.

O capítulo 1 é formado pela introdução e relata sobre alguns estudos realizados sobre *bonds*. As principais características dos bonds: o preço, o yield, a maturidade, a duration e a convexidade são descritas no capítulo 2. O capítulo 3 descreve os comportamentos da curva de juros (ou estrutura temporal da taxa de juros) e as várias teorias econômicas que pretendem explicar estas formas geométricas dessas curvas. Dentro de uma estrutura de juros mais realista do que a admitida na análise tradicional, é apresentado um novo conceito de *duration* e mostrado como se dá a imunização nesse novo ambiente. O capítulo 4 traz modelos que explicam a estrutura de juros como uma função matemática. O capítulo 5 relata sobre os tipos de bonds no mercado externo, os eurobonds, seus riscos e a estrutura a termo das taxas de juros. A capitalização da Petrobras de R\$ 120 bilhões, também uma das maiores do mundo, é descrita no capítulo 6. O capítulo 7 faz uma comparação entre a Petrobras e suas pares (Pemex, Ecopetrol, YPF, PDVSA, etc.). A emissão de bonds de US\$ 11 bilhões que dá título a essa tese é descrita no capítulo 8. As conclusões e as propostas para trabalhos futuros são relatadas no capítulo 9.

## 1.2

### Estudos realizados

Durbin e NG (2005) utilizaram o spread dos títulos negociados no mercado secundário de *bonds* de países emergentes para estudar a percepção dos investidores sobre o risco de um país. Os autores analisaram quando os investidores utilizam o *rating* soberano como teto (*sovereign ceiling*), o que significa que nenhuma empresa possui maior capacidade de crédito que o governo de seu país. Para atender a essa análise, Durbin e NG compararam os spreads de *bonds* emitidos por empresas e pelo governo de seus países. Os autores encontraram vários casos em que a emissão de uma empresa possui classificação de *rating* melhor que as emissões do governo de seu país de origem, o que indica que os investidores não utilizam sempre o conceito de *sovereign ceiling* (*rating* soberano como teto). Os *bonds* em que isso ocorre tendem a ser emitida por empresas que possuem substanciais receitas derivadas de exportações e/ou relação mais estreita com empresas estrangeiras do que com as empresas e o governo local.

Segundo Durbin e NG (2005), em abril de 1997, a agência de *rating* Standard & Poor's fez o primeiro anúncio controverso em relação ao *rating* soberano; foi uma atualização da classificação de risco de 14 empresas argentinas, incluindo três bancos, que obtiveram classificação de crédito maior que os títulos do governo argentino, quebrando uma tradicional regra dos títulos soberanos como teto das classificações (*sovereign ceiling*). Após o primeiro impacto, o mercado assumiu como possível e adequada tal classificação. Na análise, os autores utilizaram regressão linear que, em sua forma básica, teve como variável dependente a variação do prêmio pelo risco (*spread*) de uma empresa em um período e como variável explicativa (independente) a variação do prêmio pelo risco (*spread*) do governo do respectivo país e uma medida de erro que abrange os itens não inclusos na regressão.

Barr e Priestley (2004) analisaram os retornos esperados, os riscos e a integração entre os mercados de *bonds*, desenvolvendo um modelo para quantificar o risco e o retorno de títulos de governos, considerando a parcial integração entre o mercado de *bonds* local e o mercado internacional. Foram utilizados na amostra dados de títulos dos governos dos países com maior

mercado de capitais no mundo, foram eles: Estados Unidos, Reino Unido, Japão, Alemanha e Canadá. Foram utilizados dados do *J.P. Morgan Government Bond Return Indices*, baseados em portfólios balanceados com títulos de alta liquidez e, para medida do mercado global, utilizou-se o *Salomon Brothers World Weighted Index*. O período analisado foi de janeiro de 1986 a junho de 1993. Os autores encontraram evidências de que os mercados locais de *bonds* são apenas parcialmente integrados ao mercado internacional. Cerca de um quarto dos retornos adicionais dos títulos são relacionados ao mercado local e o restante, ao mercado internacional.

Sarkar (2003) analisa a questão dos *convertible bonds* (*bonds* conversíveis), sob a ótica teórica e empírica, utilizando uma amostra de conversões de títulos entre o período de janeiro de 1993 a dezembro de 1997. Muitos *convertible bonds* são chamados (realizados) muito cedo ou muito tarde em relação ao momento ideal preconizado pela teoria (regra) de decisão de mercados perfeitos. O autor reexamina a teoria de decisões de conversão de *bonds* sob a taxação das empresas e a possibilidade de falência antes do vencimento do título. Segundo o autor, o título de dívida conversível é o instrumento híbrido mais popular, representado por cerca de 10% de todos os títulos de dívida corporativos no mercado americano, de 1966 a 1993.

O modelo desenvolvido por Sarkar (2003) prevê que as chamadas antecipadas estão associadas a altas taxas de cupom, baixo prêmio pela chamada, receita com dividendos, volatilidade, impostos e taxa de juros; já as chamadas tardias (atrasadas) estariam associadas a alto prêmio, receita com dividendos, impostos e taxas de juros, baixo cupom e baixa volatilidade. Essas implicações foram suportadas pelos testes empíricos baseados nos cinco anos analisados.

Block e Vaaler (2004) analisaram o efeito do risco político sobre o spread dos títulos de países emergentes, apontando que a teoria dos ciclos políticos é relevante para os investidores que emprestam recursos para países em desenvolvimento. Os autores evidenciaram que as agências de classificação de *rating* depreciam a classificação de crédito mais comumente em anos de eleições e a depreciação, em geral, ocorre aproximadamente em um nível de crédito e, ainda, o spread dos *bonds* são maiores nos 60 dias que antecedem as eleições comparados com os 60 dias após as eleições. As agências de crédito e os



investidores, portanto, encaram de forma negativa as eleições, aumentando o retorno exigido dos países em desenvolvimento.

Block e Vaaler (2004) utilizaram para análise dados macroeconômicos dos países em desenvolvimento entre o período de 1987 a 1999, bem como o retorno exigido dos títulos dos países no mesmo período, utilizando a relação de eleições presidenciais ocorridas no período em análise. Foi utilizada regressão linear que teve como variável dependente a classificação de crédito de um país em 31 de dezembro de cada ano e, como variáveis explicativas (independentes), foram utilizadas a classificação de crédito antes da eleição, o fato de ter havido, ou não, eleições presidenciais e mais sete variáveis macroeconômicas: renda per capita, crescimento econômico (PIB), inflação, balanço fiscal, balanço de pagamentos, dívida externa e indicador recente de *default*.

Amira (2004) estudou as variáveis que afetam o retorno exigido (*spread*) nos títulos emitidos governamentais no mercado de *eurobonds*. Segundo o autor, o conhecimento dessas variáveis é imprescindível para que os emissores estruturam a emissão a fim de reduzir seus custos. Os dados analisados eram de emissões de 38 Governos no mercado primário entre janeiro de 1991 e outubro de 2000. A pesquisa analisou aspectos macroeconômicos dos países e das características dos títulos. Foi encontrada explicação significativa dos retornos com as variáveis macroeconômicas analisadas, aliadas à classificação de *rating*. As variáveis macroeconômicas utilizadas incluíam inflação, balanço fiscal, saldo da balança comercial e PIB *per capita*. Além disso, fatores específicos à forma de emissão também explicaram o *spread* exigidos dos títulos sendo, data de vencimento, tamanho da emissão, taxa bruta, classificação de *rating* e números de coordenadores, as principais variáveis específicas da emissão determinantes do *spread* dos retornos.

Valle (2001) analisou o custo de captação das 100 maiores empresas de Papel e Celulose nos mercados americano de *bonds* (*bonds* estrangeiros) e no mercado de *eurobonds* entre os anos de 1991 a 1998. A análise utilizou como amostra 42 empresas de 10 países que realizaram 178 emissões num volume total aproximado de US\$ 30 bilhões. Para explicar o prêmio de captação dessas emissões, foram estimadas regressões, cujas variáveis independentes incluíram elementos das próprias empresas emissoras (informações contábil-financeiras – como tamanho, rentabilidade e cobertura – e *ratings*) e elementos de seu País

(*rating* do soberano). As equações estimadas apresentaram forte poder de explicação ( $R^2$  acima de 64%), assim como os coeficientes das variáveis incluídas confirmaram os sinais esperados e foram estatisticamente significativos.

O autor verificou que, assim como em outras pesquisas internacionais, as informações contábeis e *ratings* mostraram ter poder de explicação do custo de captação das empresas analisadas. Segundo o autor, “as brasileiras pagaram um prêmio adicional por não serem empresas “*top*” segundo uma série de indicadores analisados e incluídos no modelo [...], como tamanho, rentabilidade e cobertura”. Valle (2001) constatou também que, assim como ocorre no mercado americano, fatores específicos à empresa, como tamanho e relação valor de mercado/valor de livro, influenciaram os retornos dos *bonds* com baixo *rating*, pois, as empresas brasileiras, devido aos baixos *ratings* tiveram seus prêmios influenciados por tais fatores. Ou seja, quanto maior o risco de crédito percebido pelos investidores através do *rating* das empresas, maior a influência de variáveis específicas na determinação do prêmio de captação.

Segundo Valle (2001), sua pesquisa confirmou pesquisas anteriores em que os rótulos “América Latina” e “Brasil” colocaram o custo de captação num patamar mais alto. O autor comenta que a relação entre o risco-país e o custo de captação apresentou forte correlação entre os *ratings* e os *spreads* de crédito para tomadores soberanos. O *rating* de um país também explica parte importante dos prêmios pagos pelas suas empresas. Esta constatação e a alta divergência entre as agências na determinação de *sovereign ratings* abaixo da *investment grade* suscitam uma preocupação adicional: o *rating* de um soberano estabelece, na grande maioria das vezes, o “teto” de *rating* da empresa, influenciando seu prêmio de captação por duas vias: pelo risco-país (*rating* do soberano) e pelo risco da empresa (*rating*, muitas vezes, herdado do soberano).

## 2

### Modelos de Precificação de *Bonds*

#### 2.1

##### Definição de *bond*

Um *bond* é um instrumento de dívida que requer que o emissor do título (devedor) repague ao comprador (investidor) o montante emprestado, acrescido dos juros devidos pelo período do empréstimo. Os pagamentos de juros são efetuados, na maioria das vezes, de modo periódico, com o resgate do principal no fim da vida do título.

As especificações mínimas que devem constar em um contrato de emissão de um *bond* compreendem a data em que o principal deve ser pago (maturidade do *bond*) e uma taxa de juros de remuneração do capital emprestado.

Se se admite que o devedor não se tornará inadimplente nem resgatará o *bond* antes da maturidade, e assegurando ao credor um padrão de fluxo de caixa conhecido - do que decorre a classificação desses ativos financeiros como título de renda fixa.

#### 2.2

##### Principais lançadores de *bonds*

No Brasil os principais emitentes de *bonds* são o governo federal e algumas entidades públicas federais como o Banco Central e o BNDES, os governos estaduais e municipais e as empresas privadas.

Cada um desses demandadores de recursos tem motivação diferente para emissão de títulos de dívida. Assim, o governo central e os demais governos (estaduais e municipais) emitem *bonds* para financiar seus déficits, o Banco Central utiliza-os como instrumentos de gestão da política monetária, o BNDES visa captar recursos de longo prazo compatíveis com suas operações ativas. As empresas, por seu turno, buscam recursos de longo prazo no mercado de capitais<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> No Brasil, as empresas podem financiar-se com recursos de terceiros em dois mercados: o

para financiar novos investimentos, financiar projetos, específicos ou, ainda, obter recursos para capital de giro.

## 2.3

### A Maturidade

O termo maturidade é propriamente utilizado para se referir a data em que é pago o valor do principal<sup>2</sup> do *bond*. Entretanto, coloquialmente, utiliza-se este termo no sentido de prazo até o vencimento.

Nas economias desenvolvidas, em especial os Estados Unidos, *bonds* com maturidade entre um e cinco anos são considerados de curto prazo; de cinco a doze anos, como de médio prazo e acima de doze anos, como de longo prazo.

No Brasil em função da ocorrência de um período inflacionário que perdurou por três décadas, somente os títulos de mais curto prazo, de emissão do governo federal têm alguma liquidez. E, mesmo para estes títulos, o mercado secundário ainda é muito restrito. É verdade que existem títulos de longo prazo, mas estes são pouco líquidos e, ao contrário do que ocorre nos países desenvolvidos em que quase todos os títulos são de fato de renda fixa (fluxos de caixa definidos no momento de emissão), no Brasil as dívidas de longo prazo, emitidas na moeda local, se caracterizam por serem indexados a algum índice inflacionário ou de juros, o que lhes confere uma característica de taxas flutuantes<sup>3</sup>.

A importância do prazo de vencimento de um título de renda fixa como um *bond*, cujos fluxos são definidos *e priori*, decorre de três razões: a primeira reside no fato de que este prazo define o tempo pelo qual o investidor estará recebendo os juros prometidos; a segunda é que a rentabilidade obtida ao se investir nesse título decorre deste prazo e, finalmente, o preço de um *bond* flutuara durante o prazo de maturidade em função das taxas praticadas no

---

financeiro, via empréstimos bancários, e o de capitais, através da colocação de títulos junto aos poupadores finais: pessoas físicas e pessoas jurídicas não bancárias.

<sup>2</sup> O conceito de valor do principal está apresentado na seção 1.4.

<sup>3</sup> O Banco Central do Brasil, em sua Nota para a Imprensa. Política Fiscal, de 21/fevereiro/2000. Informa que a dívida mobiliária federal fora do Banco Central totalizou R\$432 bilhões em janeiro 2000, distribuída entre as principais classes de títulos em: prefixados (98,9%), indexados ao câmbio (23,5%) e indexados ao over (61,2%). Os títulos emitidos pelo Tesouro Nacional em janeiro tiveram duração média estimada em 2,3 meses.

mercado para este tipo de ativo financeira.

### 2.3.1

#### O valor do principal e a taxa de cupom

O valor do principal de um *bond* e o seu valor de face, o qual será pago na maturidade. A taxa de cupom e a taxa de juros que o emitente concorda em pagar em cada período, expressa em termos anuais, e incidente sobre a expressão monetária do valor do principal do título. Portanto ao se multiplicar a taxa de cupom pelo valor de face se obtém o montante de juros a ser pago no período de vigência desta taxa.

Nem todos os *bonds* pagam juros periodicamente através de cupons. Há uma classe de *bonds* que se caracteriza por não efetuar qualquer pagamento antes do vencimento, são os títulos de desconto puro, externamente conhecidos como *zero-coupon bonds*. Nos países mais desenvolvidos os *zeros* de longo prazo são disponíveis para os investidores a partir de um processo de divisão dos fluxos de caixa prometidos. Assim, um título de 10 anos, com pagamento semestral de cupom, é dividido em 21 *zeros*, sendo 20 correspondentes aos cupons de juros e o último ao valor do principal<sup>4</sup>.

No Brasil os títulos de desconto se caracterizam por serem ativos financeiros de prazo muito curto, primordialmente utilizados pelo Banco Central na gestão da política monetária.

Nos Estados Unidos é usual o pagamento de juros semestrais, que correspondem a metade do valor calculado ao se aplicar a taxa de cupom. Os títulos brasileiros lançados no mercado americano apresentam essa mesma característica<sup>5</sup>. No Brasil os títulos de longo prazo do governo federal, bem como os debêntures de empresas privadas, na maioria das vezes, seguem também esta prática.

---

<sup>4</sup> E seus títulos criados a partir de uma divisão de um outro que paga juros periódicos são conhecidos por STRIPS (Separate Trading of Registered Interest and Principal of Securities). É evidente que, decorrente desse processo, são criados dois *zeros* vencendo na maturidade do *bond*, último pagamento de cupom e o valor do principal.

<sup>5</sup> Como exemplo, o periódico O Estado de São Paulo, em edição de 26 de fevereiro de 2000, noticia a colocação externa, em 24 de fevereiro de 2000, de títulos de emissão da República Federativa do Brasil, com maturidade em 30 anos, taxa de cupom de 12,25% a.a., vendidos por 93,299% do valor de face a taxa de retorno de 13,15% a.a.; e do Banco Itaú S.A., com vencimento em 2 anos, taxa de cupom de 8,625% a.a. e taxa de retorno de 8,95% a.a.

Os títulos que são emitidos com taxas flutuantes recebem a denominação de *floating-rate bonds* nos Estados Unidos da América e se caracterizam por prometerem uma taxa fixa, que prevalece por um determinado período e que será ajustada, em cada período subsequente de pagamento de juros, às condições correntes de mercado. Empresas e bancos brasileiros também fazem captação externa nessas condições. No Brasil algumas séries de debêntures de emissão de empresas privadas contêm cláusula de repactuação de juros ou apresentam remuneração indexada a alguma taxa de juros básica praticada no mercado, usualmente o CDI<sup>6</sup>.

### 2.3.2

#### **Algumas características especiais que podem ser adicionadas aos *bonds***

A inclusão de cláusulas além da determinação de juros, maturidade e periodicidade de pagamento de juros, normalmente conduz a situações em que características presentes em opções sobre ativos financeiros também sejam encontradas em *bonds*; Tais cláusulas podem visar proteger, tanto o credor quando o devedor, contra movimentos extremamente adversos nos níveis de juros praticados pelo mercado, ou, ainda, tornar mais fácil a venda de títulos de emissão de empresas que passam por situações de restrição ao crédito. Estas características de opções em *bonds* são conhecidas como *embbeded options* (opções embutidas).

Uma empresa que está querendo captar recursos no mercado de capitais pode inserir opções nos contratos dos títulos que emite, quando se encontra em uma situação extremamente desvantajosa para captação de recursos em função de seu elevado risco de não pagamento, e sua gestão estima que isto se reverterá no futuro, ou ainda quando estima que os níveis de juros apresentam uma forte tendência de queda. A existência destas opções pode alterar de modo significativo o padrão de pagamento de um título de renda fixa.

As mais corriqueiras destas opções são as de convertibilidade de dívida em ações e previsão de resgate antecipado.

---

<sup>6</sup> O CDL Certificado de Depósito intermediário, é uma forma de captação de recursos remunerados, utilizados pelas instituições financeiras, em que o investidor é uma outra instituição financeira.

A existência de cláusula de convertibilidade de títulos em ações embute a possibilidade de um retomo para o investidor maior do que ele obteria apenas com renda fixa. Por outro lado, a empresa devedora deve ser beneficiada com uma taxa de juros menor do que pagaria em um título tradicional. Uma consequência adicional é a possibilidade de mudança na estrutura de capital da empresa devedora. Por exemplo, se o valor de mercado de suas ações aumenta muito, pode ser interessante para os credores converter seus créditos em participação ao acionária. O antigo título de renda fixa se transforma em renda variável, agora sujeito a um novo padrão de risco<sup>7</sup> e de retorno. Para a devedora isto corresponde a uma integralização de capital com emissão de novas ações, o que pode modificar significativamente sua estrutura de capital, dependendo dos montantes envolvidos.

Uma cláusula que permite o resgate antecipado por decisão do devedor representa um efeito contrário ao observado quando pode haver convertibilidade de dívida em ações, no que diz respeito a retorno sobre o investimento pois o investidor ficará privado do recebimento dos fluxos de caixa futuros.

Considerando que a decisão de resgatar a dívida antecipadamente tem o intuito de reduzir o custo de financiamento, esta decisão expõe os credores a um problema de reinvestimento, uma vez que disporão de recursos monetários que somente serão empregados a juros mais baixos do que aqueles auferidos na operação ora quitada. Isto corresponde a uma redução na maturidade do título. De modo semelhante ao que ocorre quando há conversão de dívida em ações, o resgate antecipado também altera a estrutura de capital da empresa se ela quita a dívida com recursos gerados internamente ou integralizados pelos sócios.

Uma outra condição contratual que pede alterar os fluxos prometidos por um *bond* é a existência de *sinking funds*. *Sinking funds* decorrem de especificações encontradas em alguns títulos de dívida que prevêm resgate antecipado de uma fração da dívida a cada período de pagamento de juros. Neste caso a empresa devedora não tem a opção de resgate antecipado, mas a obrigação de fazê-lo. Tal resgate sempre se dará pelo valor de face do título (após o pagamento dos juros do período). Este evento tanto pode beneficiar a empresa devedora como seus credores, dependendo dos níveis de juros de mercado para

---

<sup>7</sup> Nesta dissertação, risco corresponde à incerteza acerca dos montantes dos fluos de caixa futuros.

este tipo de endividamento e de como o mercado avalia a capacidade de pagamento do devedor.

Embora não sejam objeto de discussão nesta dissertação, os empréstimos bancários também são instrumentos de dívida que asseguram ao devedor o direito de resgate antecipado. O cliente do banco tem o direito de resgatar sua dívida em qualquer tempo antes do vencimento. Esta opção pode ser demasiado importante para alguns tipos de empréstimos, como crédito imobiliário e crédito direto ao consumidor de prazo mais longo.

### 2.3.3

#### Riscos associados aos investimentos em *bonds*

Os riscos envolvidos ao se investir em *bonds* decorrem das cláusulas contratuais, da situação econômico-financeira do devedor e de fatores que afetam a economia como um todo. Estes riscos podem ser genericamente classificados como de crédito e de mercado.

O risco de crédito (ou de *default*, ou ainda de não pagamento) está associado a possibilidade de o devedor não honrar, no prazo e nos montantes prometidos, qualquer um dos fluxos especificados no lançamento do ativo financeiro. É aceito que os títulos de emissão de um governo central, na moeda do país, são os de mais alta qualidade de crédito, sendo, essencialmente, considerados livres do risco de *default*<sup>8</sup>.

Por outro lado, pode ser atribuído um risco de crédito as dívidas de responsabilidade de qualquer outra entidade pública ou privada, mensurando-se este risco por uma probabilidade desta entidade não efetuar os pagamentos prometido nas datas devidas.

O risco de mercado diz respeito possibilidade de perda de valor de um investimento, fruto da ocorrência de eventos sistêmicos, isto é, que afetam o sistema financeiro como um todo. Dentre esses fatores pode-se destacar: risco de taxa de juros e de reinvestimento, risco cambial, de liquidez e de volatilidade, caracterizados a seguir.

O risco de taxa de juros decorre da possibilidade de modificação no valor

---

<sup>8</sup> Ressalte-se que os títulos de emissão de países de economia emergente, denominados em moedas conversíveis, são passíveis de risco de não pagamento – o risco soberano.



dos títulos caso ocorram alterações nos níveis de juros. O valor atual de um ativo financeiro com pagamentos certos (e isento do risco de crédito) e tão somente o valor dos fluxos prometidos trazidos a valor atual a uma taxa de juros de mercado. Assim um aumento nas taxas de juros reduzirá o preço desse ativo, incorrendo seu detentor em uma perda de capital. É evidente que se o *Bond* paga juros pós-fixados, continuamente ajustado às taxas de mercado, seu detentor está imune ao risco de taxa de juros, em contrapartida não se beneficiará de reduções no custo do dinheiro, caso ocorram.

O risco de reinvestimento decorre de situações em que o investidor está posicionado de tal modo que suas exigibilidades futuras ocorrendo em datas posteriores ao recebimento dos fluxos de caixa e de seus investimentos de renda fixa. Neste caso uma redução nos níveis de juros implica que estes fluxos deverão ser reinvestidos a taxas mais baixas, reduzindo o montante futuro obtido na liquidação desses ativos.

Um investidor incorre em risco cambial quando investe em um *bond* denominado em uma moeda diferente daquela que mais utiliza em suas transações habituais. Assim, um alemão que investe em títulos denominados em dólar poderá sentir-se empobrecido frente a seus concidadãos no caso em que o marco se valorize frente a moeda dos Estados Unidos da América.

O risco de liquidez está presente quando os recursos são aplicados em ativos que não podem ser transformados em moeda no momento em que o investidor deseja, sem que tenha que vendê-los com prejuízo, ou obtendo rendimento inferior ao prometido. A maioria dos títulos de emissão de empresas privadas não são negociados facilmente no mercado secundário, o que expõe seus detentores ao risco de liquidez<sup>9</sup>. Para os investidores que adquirem títulos com a intenção de mantê-los até a maturidade, liquidez pode ser considerada irrelevante.

O risco de volatilidade<sup>10</sup> observado em títulos de renda fixa advém primordialmente das oscilações nas taxas de juros no mercado. Se se alteram

---

<sup>9</sup> Esta constatação da baixa liquidez de títulos empresariais ocorre generalizadamente tanto em países emergentes quanto em economias desenvolvidas. A ausência de liquidez é refletida no mercado pela existência de grandes diferenças entre os preços pedidos e oferecidos em negociações destes ativos.

<sup>10</sup> Em finanças, volatilidade significa o tamanho da variação observada no valor de uma variável (por exemplo, juros ou preço) que se está medindo, com relação a seu valor esperado. A medida de volatilidade mais utilizada é o desvio padrão, quando se admite que a distribuição de probabilidade do valor da variável média se comporta como uma distribuição normal.

oscilações nas taxas de juros no mercado. Se se alteram os juros mudam os preços. A presença de opções pode também contribuir para o aumento da volatilidade. Se o contrato de emissão de um *bond* prevê a possibilidade de conversão de dívida em ações, a volatilidade do mercado acionário pode também conduzir a uma maior volatilidade do título.<sup>11</sup>

Este capítulo apresentou a terminologia utilizada no mercado de *bonds*. Dissertou-se ainda acerca dos principais riscos incorridos ao se investir nestes instrumentos financeiros.

O próximo capítulo compreende a análise tradicional de *bonds*. Serão discutidos os fatores que determinam o valor dos títulos de renda fixa quando se utiliza esta metodologia e, ainda, apresentadas análises de sensibilidade dos preços a estes fatores.

#### 2.3.4

#### A Análise Tradicional de *Bonds*

A abordagem tradicional usada na precificação de *bonds* compreende a determinação do valor do fluxo de caixa descontado, análises de sensibilidade quanto ao prazo de vencimento, taxas de cupom e a taxa de juros de requerida pelo mercado (também denominada da taxa de desconto), e ainda medidas utilizadas para quantificar alterações nos preços dos títulos quando varia esta taxa de desconto.

A principal característica da análise tradicional é que, aqui se admite que a taxa de juros de desconto e a mesma para todos os títulos de renda fixa livres do risco de crédito, independentemente de sua maturidade. Em linguagem acadêmica isto significa dizer que a estrutura temporal da taxa de juros (ou curva de juros) é *flat* ou constante<sup>12</sup>. Assim, durante toda a vida dos títulos os fluxos intermediários existentes poderão ser facilmente reinvestidos à mesma taxa de desconto, ou, o que é equivalente, podem ser reinvestidos no mesmo ativo

<sup>11</sup> Morton (1974) utiliza o argumento de perfeita correlação entre o valor de mercado dos ativos da empresa dos débitos. Na análise dele os acionistas possuem a opção de ficarem com a empresa pelo valor da dívida. Assim, os preços dos títulos de renda fixa são também expostos a volatilidade do mercado acionário.

<sup>12</sup> O capítulo 3 desta dissertação traz uma discussão acerca das várias formas que a curva de juros pode seguir.

financeiro.

As próximas seções aprofundado o estudo desta metodologia de análise no que ela tem de essencial. O capítulo será encerrado com a apresentação de um exemplo de imunização ao risco da taxa de juros dentro da abordagem tradicional.

### 2.3.5

#### O valor de um título de renda fixa

Na abordagem tradicional o valor de um título de renda fixa é definido como o somatório do valor presente dos fluxos de caixa prometidos, descontados a uma taxa justa de mercado, a qual independe da data de ocorrência do pagamento.

A taxa de desconto depende apenas do risco de não pagamento associado ao título. Assim, os títulos de emissão do governo central, que são essencialmente livres de risco de crédito, são descontados a menor taxa de juros existente no mercado – a taxa livre de risco de *default*. Dívidas de qualquer outro tipo de emissor, com prazos semelhantes, devem ser descontadas a uma taxa maior que está livre de risco.

A formulação matemática utilizado quando se calcula o valor do fluxo de caixa descontado de um título de renda fixa é encontrada com mais detalhes em livros que tratam da análise de investimentos.<sup>13</sup>

O preço atual o (ou valor presente) de um título de renda fixa é uma função dos montantes dos fluxos de caixa futuros, das datas em que ocorrem e da taxa de juros de desconto, sendo dado por:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}, \text{ onde}$$

- $P$  é o preço atual do título;
- $F_t$  é o fluxo de caixa prometido para pagamento no momento  $t$ ;
- $r$  é a taxa de desconto, aplicável a todos os títulos com a mesma característica de risco de crédito, independente da maturidade, e

<sup>13</sup> Ver, por exemplo, Francis (1991).

- $n$  é o número de períodos de capitalização das taxas  $r$ , compreendido entre o momento da avaliação e o instante em que o fluxo de caixa é devido.

Para se obter o valor atual de um *bond* típico – que não tem opção embutida, que paga juros semestrais e o principal na maturidade, modifica-se ligeiramente a fórmula anterior para:

$$P = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{\left(1 + \frac{1}{2}r\right)^t} + \frac{VF}{\left(1 + \frac{1}{2}r\right)^T}, \text{ onde}$$

- $P$  é o preço atual do título;
- $C_t$  é o valor do cupom a ser pago no momento  $t$ ;
- $r$  é a taxa anual de desconto aplicada a títulos da espécie<sup>14</sup>
- $VF$  é o valor de face (ou principal) do *bond*, e
- $T$  representa o número de períodos a decorrer até a maturidade, medido em semestres.

Os títulos de desconto puros são avaliados por uma fórmula extremamente mais simples, uma vez que não efetuam pagamentos intermediários, sendo seu valor presente dado pela equação:

$$P = \frac{VF}{(1+r)^T}$$

- $R$  é a taxa de desconto e  $T$  é o tempo a decorrer até a maturidade (medido em períodos de capitalização dos juros) e  $VF$  é o valor de face do título.

<sup>14</sup> Quando se está avaliando *bonds* usualmente se expressa a taxa de juros por período onde um ano, e se obtém o valor do cupom semestral com ao metade do produto desta taxa pelo valor de face do título. Evidentemente, pela metodologia de juros compostos, a taxa efetiva de juros é superior a  $r$ .

### 2.3.6

#### A relação preço x taxa de desconto

As fórmulas apresentadas na seção anterior mostram que o preço de um título de renda fixa depende, dentre outros fatores, da taxa de juros utilizada para descontar os fluxos futuros. Agora se analisará isoladamente a influência dos juros na formação do valor do título.

Por simplificação será utilizado um título de desconto puro nesta análise. Entretanto a curva preço-juros que se pretende obter ao final desta seção será desenvolvida para um caso mais geral de um *bond* que paga cupons periódicos.

Como na economia real não se observa a existência de taxas nominais negativas, a função preço é definida para qualquer valor de  $r > 0$ . Usando-se o conceito de limite pode-se provar que esta função é contínua em todo o seu domínio.

Quando se quer estudar o comportamento de uma função em relação a uma variável que a determina a primeira alternativa é utilizar diferenciação, se aplicável. Sendo o valor presente do *bond* ( $P$ ), uma função da taxa de juros de desconto ( $r$ ), diferenciando-se  $P$  com relação a  $r$  se obtém:

$$\frac{dP}{dr} = -T \frac{VF}{(1+r)^{T+1}} < 0$$

Observa-se que a função preço é decrescente, em todo o seu domínio, com relação a  $r$ , isto significa que preço a juros têm um comportamento inverso: se os juros aumentam, o valor presente do título se reduz; se os juros de mercado se reduzem, o título se valoriza. A tabela 1 e a figura 1 apresentam uma simulação do comportamento do preço de um *bond* que paga juros periódicos quando se altera apenas a taxa de juros de desconto.

Tabela 1: Relação Preço-Juros  
*Bond* de 10 anos, cupom anual de 8%.

Juros	Preço		Juros	Preço
3%	1.426,51		18%	550,59
4%	1.324,44		19%	522,72
5%	1.231,65		20%	496,90
6%	1.147,20		21%	472,97
7%	1.070,24		22%	450,75
8%	1.000,00		23%	430,11
9%	935,82		24%	410,90
10%	877,11		25%	393,01
11%	823,32		26%	376,33
12%	773,99		27%	360,77
13%	728,69		28%	346,22
14%	687,03		29%	332,61
15%	648,69		30%	319,86
16%	613,34		31%	307,91
17%	580,73		32%	296,70

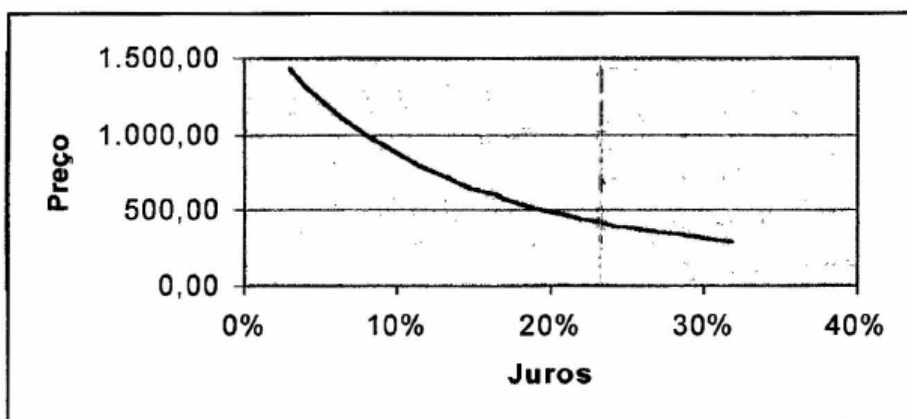


Figura 1: Curva Preço-Juros, para um *bond* que paga cupom.

Fonte: Araújo (2000)

Como a função preço é decrescente os níveis de juros, os preços decaem quando os juros aumentam. É interessante destacar a forma convexa desta curva, pois esta característica de comportamento conduz a implicações importantes quando se estuda o preço de um *bond*. A importância da convexidade da curva

preço-juros será objeto de análise mais adiante.

### 2.3.7

#### Análise de retorno

Existem várias definições de retorno sobre um *bond* a taxa prometida (ou de cupom), a taxa interna de retorno e, em caso da existência de cláusula prevendo resgate antecipado, a taxa até o pré-pagamento.

A taxa prometida é aquela que corresponde à taxa de cupom, isto é, aos juros intermediários prometidos quando um título é negociado ao par<sup>15</sup> por ocasião de sua emissão. Por exemplo, se um título de valor de face de R\$1.000,00 e prazo de maturidade de 5 anos paga juros anuais de R\$120,00, a taxa prometida é 12% a.a.

A taxa interna de retorno é aquela obtida ao se resolver a equação que relaciona preço com os fluxos de caixa e com a taxa de juros. Isto é, a taxa interna é aquela que, quando usada para descontar o valor atual os fluxos de caixa futuros, torna o valor presente destes fluxos igual ao preço pelo qual o título está sendo negociado no mercado. No caso específico de um *zero-coupon bond* a taxa interna de retorno ( $r$ ) é facilmente calculada por:

$$r = \left( \frac{VF}{P} \right)^{\frac{1}{T}} - 1$$

A taxa calculada até o pré-pagamento decorre da existência de cláusulas contratuais que impliquem em possibilidade de resgate antecipado, quer por decisão do devedor quanto do investidor.<sup>16</sup> Esta taxa é calculada para a data em

<sup>15</sup> Quando um título é vendido por preço acima de seu valor de face diz-se que a venda é com ágio, se abaixo, com deságio e, se é vendido exatamente pelo valor do principal se diz que está sendo negociado ao par.

<sup>16</sup> Existe uma outra caracterização para a taxa de retorno no caso de resgate antecipado, quando o título é passível de resgate, por uma opção do devedor, em várias datas diferentes. Considere o caso de um título com maturidade em 10 anos em que o devedor tem uma opção de resgatá-lo antecipadamente nas datas de pagamentos de juros após 5 anos, sendo que para cada data possível de resgate é definido um ágio sobre o principal. Neste caso se calcula a taxa para a situação mais desvantajosa ao credor (yield-to-worst), admitindo-se que o devedor objetiva minimizar seu custo de financiamento. A solução para este problema inclui a avaliação desta opção de resgate, que será abordado no capítulo 4 quando forem discutidos modelos binomiais utilizados pelo mercado financeiro dos Estados Unidos da América.

que o título pode ser resgatado. Títulos com essas características normalmente definem um valor adicional (bonificação) a ser pago pelo devedor quando esta opção de pagamento antecipado, ou uma penalidade a ser cobrada do detentor do título, quando este requer resgate antecipado. Neste caso o valor presente do título é dado por

$$P = \sum_{i=1}^{n^*} \frac{C}{(1+r)^i} + \frac{V^*}{(1+r)^{n^*}}, \text{ onde}$$

- $V^*$  é o valor do principal a ser pago antecipadamente com bonificação ou penalidade, o que se aplicar, e
- $n^*$  é o número de períodos de pagamento de juros até a data definida para resgate antecipado.

Destaca-se que ao se obter a taxa de retorno em um título utilizando as fórmulas aqui apresentadas, admite-se que os fluxos de caixa intermediários podem ser reinvestidos a essa mesma taxa. Se tal não ocorre, o cálculo do retorno obtido ao se investir em um *bond* deve considerar as possíveis taxas de reinvestimento que prevalecerão pela vida do título.

Observe-se ainda que, ao se considerar um investidor que efetua transações intermediárias, isto é, adquire títulos emitidos em datas posteriores ao lançamento e os revende antes da maturidade a determinação do retorno por ele obtido deve incluir possíveis ganhos/perdas de capital. Esses ganhos/perdas de capital advêm de alterações no preço à vista, decorrentes de mudanças nas taxas de juros correntes de mercado.

Suponha, por exemplo, que um investidor adquira um *bond*, ao par, por R\$1.000,00, no instante subsequente ao pagamento de juros intermediários, que tal título seja resgatável em cinco anos e pague cupons anuais a taxa de 12a.a. Considere, ainda, que o investidor venda desse ativo imediatamente após receber o próximo fluxo de juros e que a taxa corrente de juros para esse título seja agora de 14%. No mercado tal ativo financeiro será negociado por R\$ 941,73. Nesse caso embora a taxa prometida seja de 12% a.a., e os juros estejam a 14%, o investidor obteve um rendimento de apenas 6,17% pelo período de um ano em



que manteve o título em seu portfólio.

## 2.4

### A relação preço x prazo de maturidade

A análise da relação preço com prazo de maturidade indica a sensibilidade do preço a mudanças no prazo, mantendo-se constante as demais características do título.

Para títulos de desconto puro, maior o prazo menor o preço. Trata-se de uma conclusão óbvia pois para um mesmo valor prometido no futuro as pessoas preferirão receber antes e depois, uma vez que os juros são positivos. Quando os títulos pagam cupons o resultado não é tão imediato. Neste caso, se a taxa de cupom for maior que a taxa de juros de desconto para esse tipo de título, maior o prazo maior será o preço e o título é negociado acima de seu valor de face. Em contrapartida, se a taxa de cupom é inferior a de mercado, o título será vendido abaixo do valor de face. Se, eventualmente, a taxa de desconto for igual ao cupom pago periodicamente o título é negociado pelo valor do principal. A tabela 2 e a figura 2 mostram esta relação de preço X maturidade para diversas taxas de cupom e diferentes maturidades, admitindo-se constante a taxa de juros de desconto.

Tabela 2: Relação Preços-Maturidade

*Bonds* de diversas maturidades e taxas de cupom, avaliados à taxa de juros de mercado de 10% a.a.

<b>Maturidade</b>	<b>Cupom</b>				
	<b>14%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>
5 anos	1.238,56	1.150,33	1.000,00	973,86	885,62
10	1.299,76	1.169,16	1.000,00	907,95	777,35
15	1.337,76	1.180,85	1.000,00	867,03	710,12
20	1.381,35	1.188,11	1.000,00	841,62	668,38
25	1.376,00	1.192,62	1.000,00	825,84	642,46
30	1.385,10	1.195,42	1.000,00	816,05	526,36

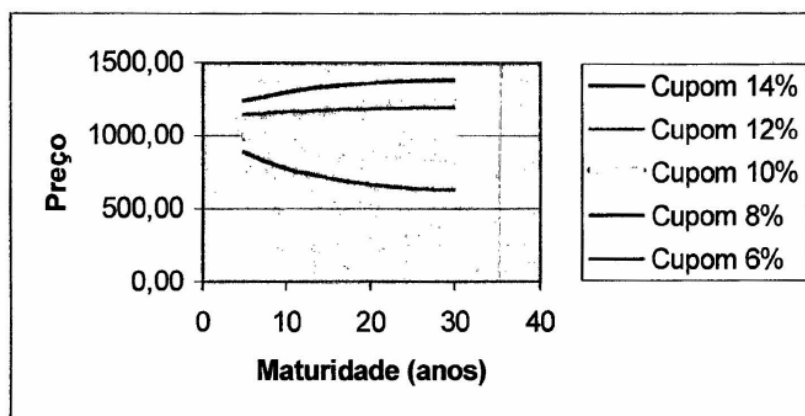


Figura 2: Curva Preço-Maturidade.

Fonte: Araújo (2000)

### 2.4.1

#### Medidas de sensibilidade

Até agora se apresentou apenas uma análise estática da relação existente entre o preço de um título e os fatores que determinam este preço. Pelas próprias características de um *bond*, a maturidade e a taxa de cupom são grandezas fixas, determinadas pelas cláusulas contratuais que o especificam. A taxa interna de retorno, entretanto, é uma variável definida pelo mercado.

O objetivo desta seção é aprofundar a discussão acerca da grande influência que oscilações nos juros observados no mercado acarretam nos preços dos *bonds*.

A sensibilidade dos preços será medida por duas grandezas. Uma delas representa uma aproximação de primeira ordem (*duration*); a outra, por de segunda ordem (convexidade), aprimora os resultados obtidos com o uso da primeira aproximação.

### 2.4.2

#### *Duration*

*Duration* é a relação que mensura as alterações nos preços dos títulos em função de pequenas variações nas taxas de juros.

Os juros de mercado são determinados em processos constantes de negociação. Por isso, prevalece a ocorrência de pequenas alterações nos níveis de

juros, em vez de grandes saltos. Disso resulta a popularidade do uso de *duration* como indicador de sensibilidade do valor dos títulos de renda fixa às alterações nos juros.

A medida de sensibilidade do valor de um *bond* às variações nos níveis de juros mais utilizada é conhecida por Macaulay *duration*<sup>17</sup>.

Enquanto medida de sensibilidade, Macaulay *duration* considera um deslocamento paralelo da curva de juros, isto é, todas as taxas se alteram por um mesmo valor percentual. Portanto, como na análise tradicional a curva é *flat*, a curva resultante após uma perturbação desse tipo também é constante. A seguir se mostra como obter a fórmula da Macaulay *duration*.

Considere um *bond* comum que efetua  $n$  pagamentos anuais de juros (cupom  $C$ ), e o principal ( $VF$ ) na maturidade, e cuja taxa de retorno ( $r$ ) está expressa também em termos anuais. Sendo  $P$  o preço do título, pode-se escrever

$$P = \frac{C}{(1+r)} + \frac{C}{(1+r)^2} + \frac{C}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C}{(1+r)^n} + \frac{VF}{(1+r)^{n+1}}$$

Uma medida aproximada da sensibilidade do preço com relação a pequenas variações nos níveis de juros requeridos é obtida ao se calcular a primeira derivada da função preço ( $P$ ) com relação ao fator de desconto ( $1+r$ ),

$$\frac{dP}{d(1+r)} = - \frac{C}{(1+r)} + \frac{2C}{(1+r)^2} + \frac{3C}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C}{(1+r)^n} + \frac{VF}{(1+r)^{n+1}}$$

Pondo-se em evidência os termos comuns e dividindo ambos os lados da equação anterior pelo valor dos títulos antes da alteração nos juros,  $P$ , se obtém

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{d(1+r)} = - \frac{1}{(1+r)} \left[ \frac{1}{P} \left( \frac{C}{(1+r)} + \frac{2C}{(1+r)^2} + \frac{3C}{(1+r)^3} + \dots + \frac{nC}{(1+r)^n} + \frac{nVF}{(1+r)^{n+1}} \right) \right]$$

A expressão entre colchetes corresponde a Macaulay *duration* ( $D$ ). Ou, escrita de uma forma compacta,

---

<sup>17</sup> Macaulay (1938).

$$D = \frac{1}{P} \sum_{t=1}^n \frac{tf_c(t)}{(1+r)^t}, \text{ onde}$$

$fc(t)$  representa o fluxo de caixa pago pelo título em  $t$  períodos contados a partir da data presente.

Do resultado obtido se constata que *Macaulay duration* é uma grandeza com a dimensão física de tempo. Isto é, se os fluxos de caixa são devidos anualmente,  $D$  é expressa em anos.

Os profissionais do mercado financeiro usualmente trabalham com o conceito de *duration* modificada (MD), porque a partir deste se obtém, de forma mais imediata, a sensibilidade do preço, em termos monetários, com relação a pequenas alterações nos níveis de juros<sup>18</sup>. A *duration* modificada é expressa pela fórmula

$$MD = \frac{1}{(1+r)} D,$$

de onde se conclui

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{d(1+r)} = -MD$$

*Macaulay duration* é uma medida sempre positiva, quando consideramos um *bond* individualmente. A *duration* modificada, por construção, também é uma grandeza positiva. Finalmente, se observa que tanto *Macaulay duration* como a *duration* modificada se movem em sentido posto às variações nas taxas de juros.

Muito embora o objetivo primordial de *duration* seja representar uma medida de sensibilidade dos preços dos *bonds* a pequenas alterações nas taxas de juros, é interessante notar que, para títulos sem opção embutida, também pode-se fazer uma análise acerca da sua dimensão de tempo (esta foi a análise de *Macaulay*). Neste contexto, *Macaulay duration* representa uma espécie de vida

<sup>18</sup> Existe ainda uma outra medida de sensibilidade de primeira ordem, expressa em termos monetários, muito utilizada no mercado financeiro dos Estados Unidos, conhecida por *vpb* (*value of a bosts palm*). Um *vpb* corresponde a variação monetária do preço de um título de valor de face de 81 milhão de dólares dos Estados Unidos decorrente de uma modificação de 0,01% nas taxas de juros.

média de um título, ponderando-se a importância relativa do valor presente de cada fluxo, tomado individualmente, pelo prazo compreendido entre o momento da avaliação e a data de ocorrência do fluxo. Além disso, por considerar os fluxos intermediários, a Macaulay *duration* será sempre inferior ao prazo de maturidade, exceção feita aos títulos de desconto puro que, por não pagarem juros intermediários, apresentam Macaulay *duration* igual a maturidade. E, mesmo para títulos que nunca serão resgatados, como o *consol* inglês, e que portanto não tem prazo de maturidade, é possível calcular-se a Macaulay *duration*, que neste caso representa uma convergência a um valor extremo quando  $i \rightarrow \infty$

$$D_{consol} = \frac{1+r}{r}$$

*Duration* não é, entretanto, suficiente para explicar nos preços de *bonds* para grandes variações nas taxas de juros. Ela é uma boa aproximação apenas quando as mudanças nos juros são bastante pequenas. O exemplo seguinte esclarece esta afirmação.

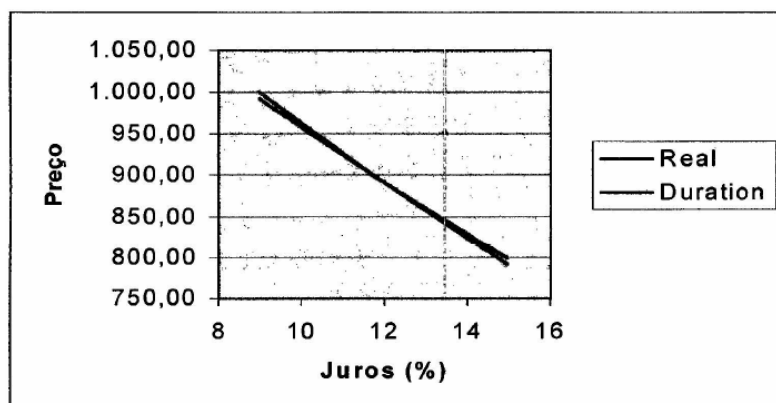
Seja um *bond* que promete pagar cupons anuais a uma taxa de 9% a.a.; e resgatar o principal (\$1.000,00) ao fim de 5 anos. A taxa de desconto observada no mercado para este título é de 12 a.a. A tabela 3 e a figura 3 mostram o que ocorre quando se avalia este título após uma alteração nas taxas de juros utilizando Macaulay *duration* como fator de aproximação da variação no valor do título.

Tabela 3: Determinação do valor de um *bond* usando Macaulay *duration* como única medida de sensibilidade do preço a alterações nas taxas de juros.

Taxa de Juros	Preço real	Preço aproximado pela <i>Duration</i> *
12,0%	891,86	891,86
12,1%	888,53	888,52
11,9%	895,20	895,19
15,0%	798,87	791,75
9,0%	1.000,00	991,96

\*Pela equação de Macaulay *Duration*, pode escrever:

$$\frac{\Delta P}{P} = -D \frac{\Delta r}{1+r}$$



Real = Preço-real; *Duration* = preço aproximado pela Macaulay *duration*.

Figura 3: Comparação entre a curva real de preço de um título e sua aproximação obtida a partir da equação da Macaulay *duration*.

Fonte: Araújo (2000)

Os resultados obtidos evidenciam que para pequenas variações nos juros, o valor do título obtido pela fórmula da Macaulay *duration* é aproximado do seu valor real. Entretanto, quanto maior for a alteração nos níveis de juros, maior será o erro obtido por tal aproximação. Adicionalmente se observa que esta aproximação conduz a erros maiores quando há redução do que quando há aumento (da mesma magnitude que a redução) na taxa de juros. Além disso, independentemente do movimento das taxas de juros, se para mais ou para menos, se se calcula o valor de um título como sendo o preço antes da mudança nos juros acrescido da variação de preços estimada com o uso de *duration*, sempre se obterá um valor inferior ao real, calculado diretamente a partir da fórmula para o valor presente. Esta distorção decorre do fato da curva preço-juros ser convexa enquanto que Macaulay *duration* é uma aproximação linear das variações de preço dos títulos com relação a mudanças nos juros.

### 2.4.3

#### Convexidade

Para minorar os problemas de se usar apenas uma aproximação pela primeira derivada para ajustar os preços dos títulos quando os juros se alteram, é definida uma nova medida de sensibilidade, a convexidade, que corresponde à segunda derivada. A seguir se obtém a fórmula para esta medida de sensibilidade.

Seja o preço do *bond*,  $P$ , definido como uma função do fator de desconto  $(1+r)$ .  $P = f(1+r)$ . Aplicando-se a expansão de Taylor, se desprezando os termos de ordem maior que 2, se obtém

$$dP = \left( \frac{dP}{d(1+r)} \right) d(1+r) + \frac{1}{2} \left( \frac{d^2 P}{d(1+r)^2} \right) [d(1+r)]^2$$

A divisão de ambos os lados da equação acima pelo valor presente do título antes da mudança nos juros resulta em

$$\frac{dP}{P} = \left\{ \left( \frac{dP}{d(1+r)} \right) \right\} d(1+r) + \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{P} \left( \frac{d^2 P}{d(1+r)^2} \right) \right\} [d(1+r)]^2$$

O primeiro termo entre chaves do lado direito da equação acima representa a parte da variação percentual no preço que é explicada pela *duration* modificada (- MD). O segundo termo entre chaves expressa a distorção decorrente da convexidade da curva do preço como função da taxa de juros de desconto.

O fator de convexidade (C)<sup>19</sup> é dado pela equação

$$C = \left( \frac{1}{P} \right) \frac{d^2 P}{d(1+r)^2}, \text{ sendo}$$

$$\frac{d^2 P}{d(1+r)^2} = \frac{1}{(1+r)} \sum_{t=1}^n \frac{t(t+1)f_c(t)}{(1+r)^{t+1}}$$

Quando se estima a variação percentual no valor de um título considerando os fatores de primeira e segunda ordem sempre se encontra um resultado maior do que o obtido apenas com a aproximação pela *duration*. Isto ocorre porque o fator de convexidade é sempre positivo.

A tabela 4 e a figura 4 trazem uma análise comparativa do valor de um

<sup>19</sup> Garbade (1998) apresenta um conceito de conceito de convexidade C similar de dispersão em torno de uma média. Neste cupom a média é dada pela Macaulay *duration* de título:

$$C = \frac{1}{P} \sum_t \frac{(t-D)^2 f_c(t)}{(1+r)^{t+1}}$$

título quando variam os juros; para o caso real (medido pela fórmula do valor presente) e aproximações pela Macaulay *duration* e por esta acrescida da medida de convexidade.

Tabela 4: Relação Preço-*Duration*-Convexidade  
Para *Bonds* de 10 anos e cupom de 8% a.a.

Juros de mercado	Preço		
	Real	Aproximado* pela <i>Duration</i>	Aproximado** por <i>Duration</i> +Convexidade
2%	1.539	1.403	1.512
3%	1.427	1.336	1.411
4%	1.324	1.268	1.317
5%	1.232	1.201	1.229
6%	1.147	1.134	1.146
7%	1.070	1.067	1.070
8%	1.000	1.000	1.000
9%	936	933	936
10%	877	866	878
11%	823	799	826
12%	774	732	780
13%	729	664	74-
14%	687	597	706

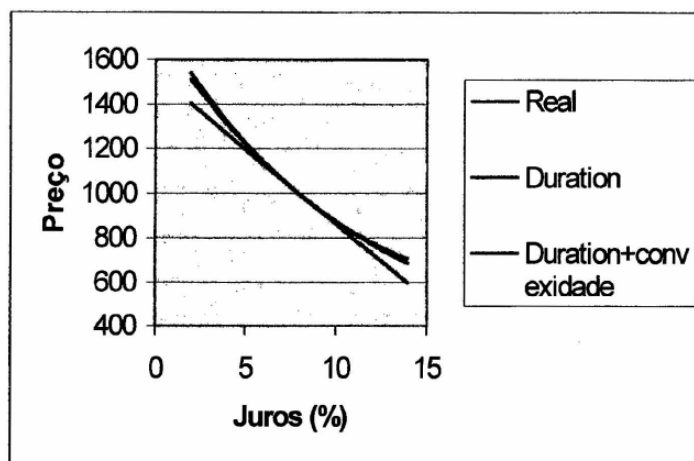
$$\frac{\Delta P}{P} = -D \frac{\Delta r}{(1+r)}$$

\*Pela equação da Macaulay *Duration*, pode-se escrever:

$$\frac{\Delta P}{P} = -D \frac{\Delta r}{(1+r)} + \frac{1}{2} C(\Delta r)^2$$

\*\*Pela equação da Macaulay *duration* + convexidade:





Real = Preço real *Duration* = preço aproximado pela Macaulay *duration*  
*Duration*+convexidade = preço aproximado adicionando os fatores Macaulay *duration* e convexidade.

Figura 4: Determinação do valor de um título utilizando Macaulay *duration* e convexidade.

Fonte: Araújo (2000)

Uma observação dos resultados da análise de sensibilidade apresentada pela tabela 4 e pela figura 4, permite concluir que: quando se inclui os fatores Macaulay *duration* e convexidade os resultados obtidos são muito mais aproximados do valor real do que quando se avalia o título apenas considerando a aproximação pela primeira derivada. Além disso se observa que quando há um grande incremento nos juros, a aproximação incluindo Macaulay

*Duration* + convexidade conduz a valores maiores que o valor real do título, enquanto que, a curva do preço real fica acima da aproximação pelos dois fatores quando ocorre acentuada redução das taxas de juros.

## 2.5

### Imunização

No capítulo de conceitos básicos foram apresentados os riscos incorridos ao se investir em títulos de renda fixa. No caso específico em análise nesta dissertação, *bonds* emitidos pelo governo federal, na moeda do país, os investidores estão expostos apenas a riscos decorrentes de variações nos níveis de juros: riscos de taxa de juros e de reinvestimento.

Quando alguém quer imunizar um determinado valor monetário (quer seja destinado a investimento, quer ao pagamento de uma dívida) ao risco de taxa de

juros deve ter em mente uma data futura na qual deseja obter tal valor a partir de investimentos de renda fixa. O prazo compreendido entre o momento presente e a data focada para imunização é denominado de horizonte de investimento.

O horizonte de investimento é específico para cada classe de investidor em títulos de renda fixa. Um diretor financeiro de uma empresa industrial pode querer imunizar seus recursos líquidos para um horizonte em que prevê dispêndios importantes, como por exemplo a liquidação de uma série de *bonds* emitidos no passado, que financiaram a construção de uma nova planta, e que será exigida em 6 meses. Por lado, um gestor de um fundo de pensão se depara com passivos atuariais que serão exigidos em datas muito distantes, quando uma dada coorte<sup>20</sup>.

Passará a auferir a maior parte dos benefícios da aposentadoria. Assim, o propósito de cada decisão financeira quanto à imunização é que determina os ativos ideais para cada administrador financeiro.

No caso da indústria, o diretor se sentirá confortável investindo em títulos de desconto de curto prazo, que madurem na data de suas necessidades. Se por acaso ele investir em ativos de prazo mais longo, que estão oferecendo um retorno maior, se exporá ao risco da ocorrência indesejada de uma elevação nas taxas de juros. Nesta eventualidade, por não estar imunizado, o valor recebido pela venda dos títulos no momento desejado será insuficiente para satisfazer suas necessidades.

O gestor do fundo de pensão está em uma situação contrária ao diretor da indústria. Investir em títulos mais longevos dá maior proteção do que nos de curto prazo contra o evento indesejado que, neste caso, é uma redução nas taxas de juros. Se os juros se reduzirem os fluxos prometidos pelos títulos de curto prazo serão reinvestidos a uma taxa remuneratória menor de modo que no horizonte, não haverá recursos suficientes para honrar as demandas dos segurados<sup>21</sup>.

Pode-se demonstrar que um portfólio imuniza um investidor, quanto ao risco de taxas de juros, quando a Macaulay *duration* do portfólio é igual ao horizonte de investimento<sup>22</sup>. O exemplo abaixo evidenciará este resultado.

Um diretor financeiro quer imunizar um passivo de \$1 milhão que será exigido em 4 anos. As oportunidades de investimento em renda fixa disponíveis

---

<sup>20</sup> Aqui uma coorte é um grupo de indivíduos que investe seus recursos em um fundo de pensão.

<sup>21</sup> Assume-se que o fundo de pensão é constituído de modo a assegurar uma renda cerca no futuro.

<sup>22</sup> Ver Gertrude (1998).

restringem-se a dois títulos sem cupom: um vencendo em 3 anos e o outro em 9 anos. A taxa de juros de mercado para estes títulos é de 8% a.a. composta anualmente.

O valor presente da dívida é de \$735.029.85 ( $P = \$1.000.000 (1 + 0.8)$ ). Se o diretor investir este montante integralmente em títulos de 3 anos estará sujeito ao risco de reinvestimento pelo último ano. Se os juros se reduzem, ele não conseguirá liquidar a operação apenas com recursos oriundos deste investimento. Por outro lado, se aplicar todos os recursos em títulos de 9 anos se expõe ao risco de taxas de juros. Caso os juros aumentem durante o horizonte de investimento, ele também se deparará com a necessidade de recursos adicionais para liquidar a dívida. Portanto sua estratégia de investimento visando imunização deve contemplar inversões financeiras nos dois ativos.

A solução do problema de imunização consiste em resolver um sistema de equações lineares em que:

1. O valor presente da dívida é igual ao montante investido nos *bonds*;
2. A Macaulay *duration* do portfólio de *bonds* deve ser igual ao horizonte (4 anos).

Sejam  $P_1$  e  $P_9$  os preços unitários dos títulos,  $X_0$  e  $X_9$  as quantidades a serem compradas,  $D_0$  e  $D_9$  a Macaulay *duration* de cada um. Os números grafados em subscrito especificam os títulos pela data de maturação.  $P_D$  e  $D_D$ , são o valor presente e a Macaulay *duration* da dívida a imunizar e  $P$  e  $D$  são o valor presente e a Macaulay *duration* do portfólio de *bonds*.

$$P = X_3 P_3 + X_9 P_9 = P_D$$

$$PD = X_3 P_3 D_3 - X_9 P_9 D_9 = P_D D_D$$

$$P_3 = \$79,383 / \$100,00 \text{ de valor de face}$$

$$P_9 = \$50,025 / \$100,00 \text{ de valor de face}$$

$$D_3 = 3 \text{ anos; } D_9 = 9 \text{ anos; } D_D = 4 \text{ anos;}$$

Resolvendo este sistema de equações se obtém as quantidades

$$X_3=7,716 \text{ títulos; } \quad X_n=2,449 \text{ títulos;}$$

A tabela 5, resume os resultados desta imunização e apresenta uma simulação com redução e aumento dos níveis de juros em 2%.

Tabela 5: Exemplo de imunização de um passivo futuro utilizando 2 títulos com diferentes padrões de fluxo de caixa.

	P <sub>i</sub> (valor atual de \$100)			P <sub>i</sub> X <sub>i</sub> (investimento em cada título)			
	Juros			Juros			
Título	X <sub>i</sub>	8%	10%	6%	8%	10%	6%
3 anos	7716	79,383	75,131	83,952	612.519,23	579.510,80	647.850,79
9 anos	2449	50,025	42,410	59,190	122.511,23	103.862,09	144.956,31
Valor presente do portfólio					735.030,46	683.572,09	792.807,10
Valor presente da dívida					735.029,85	683.013,46	792.093,66
Diferença					0,61	559,43	713,44

P<sub>i</sub> – preço do título i, x<sub>i</sub> – quantidade adquirida do título i.

Fonte: Araújo (2000)

As diferenças observadas entre o valor do portfólio e a dívida imunizada são irrisórias em relação aos montantes envolvidos. Além disso, observa-se que o portfólio que imuniza a obrigação é superavitário, quer os juros aumentam quer diminuam. Tal fato sempre ocorre quando se imuniza um valor futuro com um portfólio de *bonds*, devido à convexidade do portfólio. Se se utilizasse apenas um único título com *duration* de 4 anos, em vez da carteira de títulos, não haveria qualquer diferença.

O processo de imunização é contínuo. Isto é, sempre que ocorrerem fatos importantes que afetem os preços ou os fluxos da carteira é preciso que esta seja rebalanceada. Por exemplo, ocorrendo uma variação de juros nos montantes aqui demonstrados o portfólio deve ser imediatamente revisto. Para este portfólio, mesmo que os juros não se alterem, o diretor financeiro deverá estar atento para o momento de liquidação da primeira classe de títulos. Ele terá que fazer algumas novas transações uma vez que disporá de caixa, com Macaulay *duration* zero a um outro título agora com Macaulay *duration* de 6 anos, quando seu horizonte de investimento estará reduzido a apenas 1 ano.

## A estrutura temporal das taxas de juros

No capítulo anterior estudaram-se os principais aspectos determinantes do valor de um *bond* usando uma abordagem tradicional. Naquele caso a taxa de juros aplicada no apuração era a mesma, independente do momento dos fluxos. Hoje, entretanto, se reconhece que cada fluxo intermediário pode ser tratado individualmente e que seu valor depende do seu momento de ocorrência.

Torne-se como exemplo um banco que adquire com objetivo de revenda, um título público de 15 anos de prazo até a maturidade e que paga juros semestralmente. A instituição pode transferir este ativo a alguns de seus clientes interessados em investir em renda fixa. Se cada um dos clientes se interessa apenas por uma pequena participação no valor total do título, ou por fluxos com datas específicas, o banco pode, então, vender os fluxos intermediários isoladamente de modo a atender às demandas dos investidores. A questão é, como apurar corretamente cada um dos cupons, que maturam em datas diferentes, muito embora apresentem todas as outras características do título original? É correto avaliar todos igualmente, descontando-os o valor presente à mesma taxa de juros, quando apresentam maturidade em prazos tão diversos que vão de seis meses a 15 anos?

Para solucionar tal questão e que se buscou estudar mais profundamente a estrutura dos juros na economia. Neste mister foram desenvolvidas várias teorias para explicar o comportamento dos juros em função das diversas maturidades dos títulos de renda fixa.

Luenberger (1998) afirma que a teoria da estrutura de prazos das taxas de juros é baseada na observação que, em geral, os juros requeridos dependem da extensão do período pelo qual o dinheiro é emprestado. Van Horne (1994, p. 91), define a estrutura temporal das taxas de juros como a relação entre juros e maturidade em títulos que diferem somente na extensão do prazo de maturidade, todos os demais fatores mantidos constantes.

Neste trabalho a discussão acerca da estrutura temporal da taxa de juros se inicia pelo estudo das duas taxas de juros mais importantes: a taxa a vista ou *spot*

e a taxa a termo ou *forward*. Em seguida, em função da existência de maior volume de estudos acerca da taxa a vista, serão apresentadas as diversas formas geométricas que definem a relação juros a vista a tempo de justificar a ocorrência destas curvas. O capítulo se encerra com uma discussão acerca da implicação da existência de curvas de juros não constantes quando se objetiva imunizar investimentos em *bonds* a variações nos níveis dos juros.

### 3.1

#### A taxa de juros *spot*

A taxa *spot* é a taxa básica que define a estrutura temporal de juros. A taxa a *spot*,  $s_t$  é a taxa de juros, expressa em termos anuais, cobrada por dinheiro emprestado do momento presente ( $t = 0$ ) até o momento  $t$ .

A maneira usual e menos sujeita a controvérsias quando se constrói a curva de juros a vista consiste em se considerar títulos sem cupom de diferentes maturidades<sup>23</sup>. Além disso se dá preferência a títulos públicos de governos centrais por serem considerados livres do risco de *default*<sup>24</sup>. A razão entre o valor de face a ser pago no futuro e o preço de mercado define a taxa de juros a vista a vigir no período compreendido entre o momento presente e a data de maturidade. Utilizando títulos de diversas maturidades se constrói uma curva de juros que corresponderá à curva de taxas a vista.

Uma outra maneira de se determinar a taxa de juros a vista consiste em construir um portfólio de *bonds* de mesma característica de risco de crédito, com mesma maturidade e datas de fluxos de pagamento, mas que difiram quanto ao montante dos pagamentos de juros intermediários. O exercício seguinte ilustra este procedimento.

<sup>23</sup> Também se pode construir uma curva de juros a vista utilizando títulos que pagam juros intermediários, usando uma metodologia sequencial. Por exemplo, torna-se o título eu vence no período 1, que nesse instante é de desconto ouro, e se obtém a taxa para o primeiro período. A seguir, toma-se o que madura no momento 2, mas que paga juros também em '1. Desconta-se o primeiro fluxo a taxa para um período e o cupom final acrescido do valor do principal são descontados a taxa a vista para 2 períodos, que será aquela que iguala o preço do título no mercado, e assim sucessivamente. Esta técnica é, entretanto, questionável uma vez que os títulos que pagam juros intermediários são sujeitos a diferentes funções de oferta e demanda que também impactam momentaneamente seus preços, desvirtuando a curva obtida a partir deste procedimento.

<sup>24</sup> Muito embora países emergentes não tenham suas dívidas quer externa consideradas como livres do risco de default, mesmo assim admite-se representarem os créditos de melhor qualidade internamente.

Considere como exemplo da aplicação dessa técnica (exemplo extraído de Luenberger, 1998): o título A paga cupom de 10% a.a. e está avaliado no mercado em  $P_A = \$98,72$ , enquanto que o título B paga cupom anual de 8%, sendo apreçado a  $P_a = \$85,89$ . Os títulos maturarão em 10 anos. Construa um portfólio com investimento de -0,8 unidade no título A uma unidade do título B. Tal carteira pagará 520 em 10 anos, para um investimento inicial  $P$ ,  $P = -0,8 * P_A + 1,0 * P_a = \$6.914$ . Todos os fluxos intermediários do portfólio  $P$  são nulos e, portanto, a taxa a vista para 10 anos,  $s_D$ , será de 11,2% a.a.<sup>25</sup>

### 3.2

#### A taxa de juros *forward*

Fabozzi (1996) define a taxa *spot* com uma taxa de juros futura calculada implicitamente quer a partir da curva de retornos (*yield curve*)<sup>26</sup> quer da curva de taxas de juros a vista (*spot rate curve*).

Luenberger (1998), diz que as taxas a termo são aquelas incidentes sobre recursos a serem emprestados entre duas datas no futuro mas sob condições definidas no presente. Uma representação usual para a taxa a termo entre as datas  $t_1$  e  $t_2$  com  $t_1 < t_2$  é denotada por  $f_{t_1 t_2}$ . Esta é a taxa cobrada por empréstimos em  $t_1$  que serão repagos inclusive com juros em  $t_2$ , mas contratados em uma data anterior ou igual a  $t_1$ .

A determinação da taxa de juros a termo, a partir da curva de taxas a vista, é obtida com uso do argumento de não existência de arbitragem<sup>27</sup>. Considere um investidor com horizonte de investimento de dois anos que tem duas possibilidades de investimento: a) aplicar os recursos em um título de desconto puro resgatável em dois anos (remunerado a taxa a vista atual que prevalece para investimentos por dois anos,  $s_2$ ), ou b) investir por um ano em um título que matura ao fim do

<sup>25</sup> Esta técnica apresenta o mesmo problema do descrito na nota de rodapé n. 23. Se os títulos tem características de liquidez diferentes eles podem ser negociados a taxas diferentes. Note ainda que o portfólio é construído com uma posição a descoberto em um dos títulos. Se na linguagem do mercado americano esse se torna negociado ou *special* no mercado e *reperchase agreement*, as taxas de financiamento serão completamente diferentes das usuais invalidando a aplicação deste procedimento.

<sup>26</sup> Yield curve é uma curva de juros obtida quando se desenha um gráfico com a taxa de cupom em um eixo e a maturidade no outro eixo coordenado, utilizando títulos negociados ao par.

<sup>27</sup> Diz-se que há uma oportunidade de arbitragem quando existe uma probabilidade maior que zero de um investidor obter um fluxo de caixa positivo no futuro a partir de um investimento inicial nulo, ou que obtenha um fluxo de caixa positivo inicial pelo qual nada precisa pagar no futuro.

primeiro ano (a taxa a vista que vigora no primeiro ano,  $s_1$ ) e, reaplicar os juros e principal recebidos na liquidação deste ativo em um novo, também de um ano, e que será integralmente resgatado ao fim do segundo ano, auferindo os juros que deverão estar vigindo no mercado daqui a um ano (taxa futura, contratada hoje, que remunerará o investimento pelo segundo ano,  $f_{12}$ ). Admite-se que os mercados são completos – é possível negociar quaisquer quantidades sem interferir nos preços – e perfeitos – não existem custos de transação, impostos e as taxas de captação e aplicação são idênticas.

Para que não ocorra oportunidade de arbitragem, o montante de recursos obtido ao fim de dois anos de investimento deve ser o mesmo para as duas opções disponíveis. Tem-se, portanto:

$$(1 + s_2)^2 = (1 + s_1)(1 + f_{12}), \text{ e}$$

$$f_{12} = \frac{(1 + s_2)^2}{(1 + s_1)} - 1$$

Se  $(1 + s_1)(1 - f_{12}) > (1 + s_2)^2$ , implica que há uma possibilidade de ganho ao se preferir a segunda oportunidade de investimento. Uma pessoa obteria um fluxo de caixa positivo, certo sem investimento inicial, tomando recursos emprestados por dois anos – incorrendo em um custo total de  $(1 + s_2)^2 - 1$ , e, emprestando por dois anos: no primeiro a  $s_1$ , e no segundo, já acertando a partir de agora, a  $f_{12}$ . Na liquidação destas operações tal pessoa auferiria um lucro certo igual a  $(1 + s_1)(1 + f_{12}) - (1 + s_2)^2 > 0$ , para cada unidade monetária transacionada.

Caso  $(1 + s_2)^2 > (1 + s_1)(1 + f_{12})$  se obteria o mesmo ganho efetuando as operações de modo contrário ao especificado anteriormente.

### 3.3

#### O formato da curva de juros *spot*<sup>28</sup>

Muito embora se tenha discutido as definições de taxas a vista e a termo, será apresentado aqui apenas o formato e as teorias que tratam da curva a vista. Esta decisão decorre de dois fatores: o primeiro é que a curva a vista é a

<sup>28</sup> A partir deste ponto os termos curva de juros, a vista, curva de juros, estrutura temporal das taxas de juros e estrutural temporal de juros são considerados equivalentes.



mais estudada das curvas de juros e, o segundo é que a maioria dos modelos que estudam o comportamento de juros – e que são objeto do capítulo 4 desta dissertação – definem a taxa de juros a vista como o fator que direciona todo o comportamento dos juros na economia.

Foram identificadas quatro formas da curva de juros a vista; curva constante (ou *flat*), curva monotonicamente decrescente (ou *downward sloping*) e uma em corcova (ou *humped*). A figura 5 traz uma representação gráfica destas curvas. A seguir serão discutidas as principais implicações atinentes a cada um destes comportamentos. Mais frente, na seção 3.4, se fará uma breve descrição das várias teorias que foram elaboradas para explicar estes padrão de comportamento da curva de juros a vista.

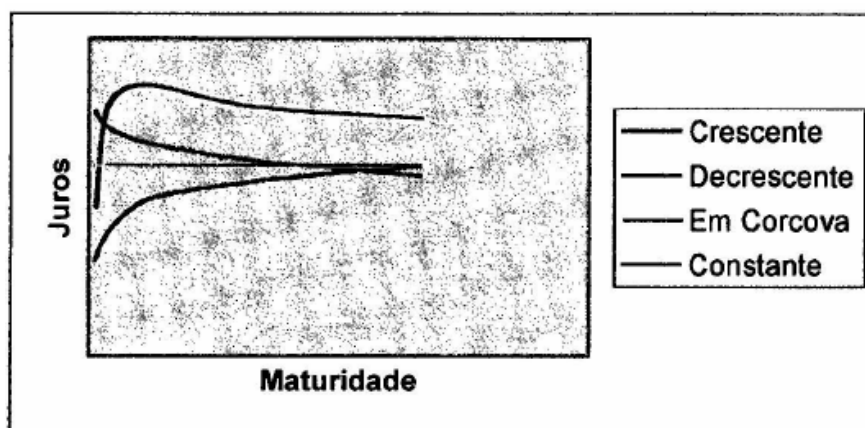


Figura 5: As formas da estrutura temporal das taxas de juros.

Fonte: Araújo (2000)

### 3.3.1

#### Curva monotonicamente

A existência de uma curva monotonicamente crescente implica que há consenso no mercado de que as taxas a vista futuras serão sempre superiores às atuais, aplicáveis ao mesmo prazo. Esta aceleração dos juros, pode ser explicada por pressões inflacionárias que ocorrerão no futuro, as quais influenciarão os juros nominais, de modo a se assegurar a ocorrência de juros reais positivos. Ou, por outro lado os investidores, sabendo que os títulos mais longevos apresentam maior sensibilidade de preço a alterações nas taxas de juros, e portanto maior volatilidade, requerendo taxas de juros maiores para serem compensados por este

risco adicional que incorrem quando migram suas aplicações do curto para o longo prazo.

### 3.3.2

#### **Curva monotonicamente decrescente**

Quando a curva juros se apresenta monotonicamente decrescente o mercado prevê que os altos juros de curto prazo não prevalecerão no futuro. Eles demandarão taxas anuais menores, que prevalecerão por um prazo maior, para adquirir títulos de longo prazo.

Esta forma geométrica pode ocorrer quando pressões inflacionárias do presente ou do passado recente, tenham contribuído para um forte incremento nas taxas de curto prazo, induzido pela autoridade monetária, quando perseguindo um ajuste econômico de curto prazo. Os analistas avaliam que a taxa de curto prazo se situa em patamar bastante superior ao que se espera seja uma média histórica.

### 3.3.3

#### **Curva em corcova**

Esta curva se caracteriza por apresentar comportamento de juros inicialmente crescentes, para títulos de curto prazo, e depois decrescentes, para títulos de maior maturidade. Esta evolução da curva de juros ocorre quando pressões inflacionárias atuais indicam a premência de um aumento nas taxas de juros de curto prazo, mas não se vislumbra a necessidade de ajustes equivalentes para títulos de todas as maturidades. Tem-se um aumento no nível de juros no curto prazo que as forças de mercado não transferem para o longo prazo, pois há um prazo que as forças de mercado não transferem para o longo prazo, pois há um entendimento de que o processo inflacionário é momentâneo e tende a arrefecer no futuro próximo.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Para é a forma atual da curva de juros nos Estados Unidos, O site [ww.bloomberg.com](http://www.bloomberg.com) divulgava em 28 de fevereiro de 2000 as seguintes taxas anuais de juros para títulos de emissão do Tesouro americano 3 meses (5,81%), 6 meses (6,01%), 12 meses (6,20%); 2 anos (6,59%), 5 anos (6,60%), 10 anos (6,38%) e 30 anos (6,10%).

### 3.3.4

#### Curva constante

A curva de juros constante é considerada a forma mais improvável de comportamento da estrutura temporal de juros, quando se considera todo o espectro de maturidade. Ele implica que os investidores requererão a mesma taxa de juros para títulos de quaisquer maturidades. Este comportamento, se existisse, implicaria em que não se cobra qualquer retorno adicional por se manter recursos investidos por longo prazo, bem como não existem quaisquer pressões inflacionárias no presente ou no futuro que possam interferir no nível de juros.

A curva constante está implícita quando se considera a análise tradicional de precificar *bonds*, que foi tratada anteriormente nesta dissertação.

### 3.4

#### As teorias que explicam a estrutura temporal das taxas de juros

Existem quatro importantes teorias que tentam explicar a estrutura temporal das taxas de juros: expectativas, preferência pela liquidez, segmentação de mercado e habitat preferencial. Cada uma apresenta razões contundentes para justificar o fenômeno econômico. As próximas subseções tratarão brevemente das considerações mais importantes implícitas em cada uma delas.

#### 3.4.1

##### A teoria das expectativas

Esta teoria foi inicialmente proposta por Fisher (1986) e desenvolvida posteriormente por Lutz (1940). A teoria das expectativas defende que a taxa de retorno esperada de um investimento por um determinado período é a mesma, independente da maturidade do título em que se investe. Isto é, se um dado investidor tem um horizonte de investimento de um ano, e ele espera obter um retorno  $r$  durante esse período, para ele é indiferente investir em um título que matura em um ano, ou tem em um outro que vence em dois anos mas que pode ser vendido decorrido o primeiro ano.

Se vale esta teoria, as taxas de juros a vista são determinadas pela expectativa de como se comportarão os juros no futuro. Assim as taxas de juros a termo, calculadas a partir das taxas *spot*, são a melhor aproximação para as taxas de juros a vista esperadas para o futuro ( $r_j$ ). Portanto, no exemplo da seção 3.2 teríamos [ $r_j = f_{12}$ ].

O principal senão encontrado na teoria das expectativas ocorre quando a curva de juros é monotonicamente crescente – esta forma prevalece na maior parte do tempo. Tal forma implica, por esta teoria, que o mercado avalia que as taxas de juros irão crescer no futuro, uma vez que a taxa a termo é sempre crescente. Como os juros não crescem indefinidamente a suposição básica da teoria das expectativas é violada.

### 3.4.2

#### A teoria da preferência pela liquidez

Os defensores desta teoria argumentam que os investidores usualmente preferem títulos de curto prazo aqueles de prazo mais longo. Segundo Hicks (1948), o proponente da teoria da preferência pela liquidez, os investidores somente adquirirão títulos de maior maturidade se lhes são oferecidas taxas de longo prazo maiores que a média das taxas futuras esperadas. Este diferencial de taxas é definido como um prêmio de risco que é positivamente relacionado com o prazo até a maturidade.

A teoria da preferência pela liquidez amplia o conceito do termo liquidez. Antes, liquidez correspondia à facilidade de se transformar um ativo em moeda corrente. Agora este conceito é remodelado, uma vez que os títulos públicos, em especial de governos centrais de países desenvolvidos, são negociados facilmente em mercados secundários, estando garantida sua pronta conversão em dinheiro. A luz desta teoria, se diz que o investidor se expõe a um risco de liquidez quando seu horizonte de investimento é inferior a maturidade dos títulos que lhe são ofertados. Se tal ocorre, sendo os preços dos títulos de mais longo prazo mais sensíveis às variações nas taxas de juros, o investidor pode ser surpreendido ao ter que vender seus ativos após uma desvalorização. Logo, por necessitarem de liquidez, os investidores demandarão juros maiores de ativos que maturam em

maior prazo, mantidos constantes os demais parâmetros determinantes dos preços dos títulos.

Por construção, a teoria da preferência pela liquidez consegue explicar tão somente a curva de juros monotonicamente crescente.

### 3.4.3

#### A teoria da segmentação do mercado

Os entusiastas da teoria da segmentação do mercado defendem que investidores e demandadores de recursos atuam investindo captando recursos sempre em setores temporais específicos da curva de juros.

Culbertson (1857), que propôs esta teoria, sustenta que a forma da curva da estrutura temporal das taxas de juros decorre das restrições de gestão de ativos e passivos (quer impostas por reguladores ou pelos próprios gestores) e que credores devedores restringem suas aplicações captações e maturidades específicas.

Só esta teoria é válida, nem investidores nem tomadores de recursos estão dispostos a mudar os prazos em que operam, mesmo que seja para se beneficiarem de outras faixas temporais que ofereçam vantagens momentâneas, em função de seus objetivos de aplicação ou captação de dinheiro.

Assim, os investidores de curto prazo não compete em taxas com aqueles de longo prazo e, portanto, as taxas de juros devem expressar o efeito de forças de demanda e oferta de títulos e de dinheiro, para as diversas maturidades.

A teoria da segmentação é sempre invocada para explicar a ocorrência de curva de juros em corcova. Somente argumentos de forças de oferta e demanda podem explicar tal comportamento da estrutura temporal. Um exemplo considerado típico desta estrutura ocorreu em meados da década de 1980, Naquela época as taxas de juros norte-americanas foram recordes. Quando a taxa de juros se eleva a *duration* dos *bonds* se reduz. Ora, quando os juros estão muito elevados mesmos os títulos de 30 anos apresentam *duration* incompatível com as necessidades de hedge de alguns investidores institucionais como, por exemplo, fundos de pensão. Os *bonds*, tiveram sua *duration* reduzida, enquanto que as datas de exigibilidade dos passivos previdenciários eram independentes dos níveis de juros, Este fato propiciou grande crescimento para o mercado de títulos sem

cupom de longo prazo, permitindo grande difusão do uso dos STRIPS. A forte demanda conduziu a uma redução dos juros de longo prazo, enquanto que os de curto prazo se mantiveram em patamares elevados, em função de intervenções da autoridade monetária, que estava empenhada em debelar o processo inflacionário.

#### 3.4.4

#### A teoria do habitat preferencial

A teoria do habitat preferencial representa uma linha menos rígida daquela de segmentação de mercado, mesclando-a com a teoria do prêmio pela liquidez. Modigliani e Sutch (1966), que advogam a existência de habitat preferencial, afirmam que quando a demanda e oferta de títulos para uma dada faixa de maturidade que não estão equilibradas, alguns emprestadores e tomadores de recursos se sentirão induzidos a mudar de maturidade, se eles forem compensados por um prêmio de risco apropriado, cuja magnitude reflete seu nível de aversão ao risco.

#### 3.5

#### A importância da forma da curva de juros na avaliação dos *bonds*

A conclusão que se pode tirar do que tem sido apresentado até agora acerca da estrutura temporal dos juros é que a análise tradicional peca em sua essência, qual seja, utilizar a curva de juros constante.

Na realidade a taxa de cupom e a maturidade são características de um *bond* sem opções embutidas, que não variam após sua emissão<sup>30,31</sup>. A definição de uma curva preço-juros é completamente irrelevante em um ambiente em que a curva de juros não é constante. Simplesmente porque agora se trabalha com taxas múltiplas, que podem variar independentemente umas das outras. Resta, então,

<sup>30</sup> O capítulo introdutório apresentou algumas características de opções que se inclusas em um contrato de um título de renda fixa podem alterar consideravelmente o seu padrão, de pagamentos e sua maturidade.

<sup>31</sup> Alguém pode argumentar que a taxa de cupom é constante uma vez que está definida no contrato de lançamento do título. Aqui se acrescentou o termo após a emissão para destacar que os títulos do Tesouro dos Estados Unidos tem suas taxas de cupom definidas nos leilões primários. Isto é, os investidores indicam a taxa de retorno desejada, o Tesouro define um ponto de corte e emite os títulos com uma taxa de cupom o mais próximo possível daquilo que seria a taxa de retorno. O intuito é lançar títulos ao par.

efetuar análises acerca da sensibilidade dos preços a variações na curva de juros e estudar o processo de imunização em um ambiente em que os juros não são constantes com a maturidade. As próximas duas seções deste capítulo contemplam estas análises.

### 3.6

#### ***Duration e a estrutura temporal das taxas de juros***

No capítulo anterior o conceito de Macaulay *duration* foi apresentado como uma medida da sensibilidade dos preços dos *bonds* a alterações nos níveis de juros. Viu-se que esta medida foi construída com o pressuposto de que a curva de juros é constante. Nas seções anteriores do presente capítulo foram discutidas diversas formas da curva de juros, onde ficou claro que a ocorrência de curva constante não é constatada na prática.

Este fato implica na necessidade de se definir um novo conceito de sensibilidade, que se adeque a uma realidade de taxas de juros diferentes, para diferentes horizontes de investimento.

Este novo conceito de *duration*, desenvolvido por Fisher e Weil (1977), representa uma medida de sensibilidade dos preços a variações nos juros sem que se tenha que admitir a existência de uma curva fiel. A seguir se desenvolver este conceito de *duration*.

Seja um *bond* que paga cupons no valor de  $C$  e o principal ( $VF$ ) na maturidade  $T$ , que esta  $n$  períodos distante do momento presente. Cada cupom é pago no momento  $t$ ,  $t = 1, 2, \dots, n$ ,  $r$  é a taxa de juros a vista que remunera os investimentos em renda fixa, livres de risco de crédito, pelo período compreendido entre a data presente e o instante  $t$ , e que é observada na estrutura temporal.

Admitindo-se que vale a teoria das expectativas e que as taxas de juros a termo representam a melhor estimativa para as taxas a vista futuras, define-se  $r$  como a taxa a vista aplicável ao período que se estende do momento atual até o pagamento do primeiro cupom e  $r$  como sendo a taxa a termo que prevalecerá pelo período compreendido entre os instantes  $t$  e  $r$ , com  $t \geq r$ .  $P$  é o valor presente dos pagamentos efetuados pelo *bond*, expresso como uma função dos montantes

dos fluxos, dos prazos e dos juros aplicáveis a cada período de ocorrência de um pagamento,

$$P = \frac{C}{(1+r_{01})} + \frac{C}{(1+r_{01})(1+r_{01})(1+r_{12})} + \dots + \frac{C}{(1+r_{01}) \prod_{i=2}^n (1+r_{i-1,i})} + \frac{VF}{(1+r_{01}) \prod_{i=2}^n (1+r_{i-1,i})}$$

Derivando-se a função preço em relação ao fator de desconto comum a todos os fluxos de caixa  $(1+r_{01})^{32}$  e admitindo-se que vale a relação

$$\frac{d(1+r_{1+i,i})}{(1+r_{i-1,i})} = \frac{d(1+r_{01})}{(1+r_{01})}, \text{ se obtém}$$

$$\frac{dP}{d(1+r_{01})} = -\frac{1}{(1+r_{01})} \sum_{t=1}^n \frac{tf_c(t)}{\prod_{i=1}^n (1+r_{i-1,i})}$$

Fisher-Weil *duration* ( $D_{FW}$ ) é a grandeza definida pela expressão:

$$D_{FW} = \frac{1}{P} \sum_{t=1}^n \frac{tf_c(t)}{\prod_{i=1}^n (1+r_{i-1,i})}$$

De modo similar a Macaulay *duration*, Fisher-Weil *duration* também apresenta dimensão de tempo. A simplificação, na definição desta medida de sensibilidade, fica por conta de se considerar que os deslocamentos que acontecerão em toda a curva de juros serão proporcionais a variação observada na taxa de juros de curto prazo (primeiro período). Esta consideração implica que se admite que a taxa de juros de curto prazo é uma raiz de todos os níveis de juros e que as variações nos níveis de juros para as demais maturidades são muito correlacionadas com as mudanças na taxa de curto prazo.



### 3.7

#### Imunização utilizando a estrutura temporal das taxas de juros

Quando se considera a estrutura temporal, a imunização de um portfólio ao risco de taxa de juros se dá de modo abrangente em que a consideração de taxa de retorno em um título se torna irrelevante. Aqui as taxas de retornos são múltiplas para um título que paga juros periódicos. Na realidade cada um destes títulos pode ser interpretado como um portfólio constituído de títulos de desconto puro. O exemplo seguinte mostra como se faz a imunização nesse ambiente de taxas múltiplas.

Considere o portfólio  $P_i$  constituído pelos títulos A e B, que tem o objetivo de imunizar um passivo de \$1 milhão exigível em 7 anos. O título A, com maturidade em 13 anos, paga cupom anual de 8,5%, enquanto que o título B, com maturidade em 7 anos remunera o investidor em 12% a.a. A idéia é encontrar os montantes a serem investidos em A e em B de modo que o valor do portfólio replique o passivo. Considere ainda uma curva hipotética de juros a vista  $r_{01}$ , como indicado na segunda coluna da tabela 6<sup>a</sup>.  $\Delta_i$  representa o fator de variação em cada taxa de juros. Após esta variação, os juros subirão, os juros subirão para  $r_{01} + \Delta_i$ , ou se reduzido para  $r_{01} - \Delta_i$ .  $F_{it}$  representa o fluxo prometido pelo título  $i$ ,  $i = A, B$ , para cada data  $t$ . Na tabela 6B, PV, é o valor presente de cada fluxo de cada fluxo de caixa quando descontado a cada nível de juros. As demais colunas da tabela 6B apresentam os resultados que serão utilizados para a determinação da *duration* Fisher-Weil.

Tabela 6A: Taxas de juros e fluxos de caixa.

Data (t)	$r_{01}$	$\Delta_i$	$r_{01} + \Delta_i$	$r_{01} - \Delta_i$	$F_{01}$	$F_{B1}$
1	6,52%	2,00%	8,52%	4,52%	8,5	12
2	7,12%	2,01%	9,13%	5,11%	8,5	12
3	7,68%	2,02%	9,70%	5,66%	8,5	12
4	8,38%	2,03%	10,41%	6,35%	8,5	12
5	8,82%	2,04%	10,86%	6,7%	8,5	12
6	9,34%	2,05%	11,39%	7,29%	8,5	12
7	9,72%	2,06%	11,78%	7,66%	8,5	12
8	10,50%	2,07%	12,57%	8,43%	8,5	12
9	10,80%	2,08%	12,88%	8,72%	8,5	12
10	11,10%	2,09%	13,19%	9,01%	8,5	12
11	11,37%	2,09%	13,46%	9,28%	8,5	12
12	11,62%	2,10%	13,72%	9,52%	8,5	12
13	11,84%	2,10%	13,94%	9,74%	108,5	12

Tabela 6B: Determinação da Fisher-Weil *duration* ( $D_{FW}$ ).

Data(t)	TÍTULO A				TÍTULO B			
	$r=r_{01}$		$r=r_{01}$	$r=r_{01}$	$r=r_{01}$		$r=r_{01} + \Delta$	$r=r_{01} - \Delta$
	PV	$t.fc9r)/(1+r)$	$PV_1$	$PV_2$	$PV_1$	$t.fc9r)/(1+r)$	$PV_1$	$PV_2$
1	7,98	7,98	7,83	8,13	11,27	11,27	11,06	11,48
2	7,41	14,82	7,14	7,69	10,46	20,92	10,06	10,86
3	6,81	20,42	6,44	7,21	9,61	28,83	9,09	10,17
4	6,16	24,84	5,72	6,65	8,70	34,79	8,07	9,38
5	5,57	27,85	5,08	6,12	7,86	39,32	7,17	8,65
6	4,97	29,85	4,45	5,57	7,02	42,14	6,28	7,87
7	4,44	31,08	3,90	5,07	58,51	409,56	51,36	66,81
8	3,82	30,59	3,30	4,45				
9	3,38	30,40	2,86	4,01				
10	2,97	29,67	2,46	3,59				
11	2,60	28,60	2,12	3,20				
12	2,27	27,27	1,82	2,85				
13	25,33	329,31	19,89	32,41				
Soma	83,71	632,48	72,99	96,95	113,43	586,82	103,11	125,22
D	7,56				5,17			

Fonte: Araújo (2000)

O valor do portfólio (P) constituído dos títulos A e B deve ser igual ao valor presente do passivo ( $P_D$ ),  $P = 1000.000,00 (1 + 0.0972)^1 - \$22.395,48$ . A questão consiste em se determinar as quantidades,  $X_A$  e  $X_B$ , dos títulos A e B, que se deve adquirir para que o portfólio P esteja livre de risco de taxa de juros. A resposta é encontrada na solução do seguinte sistema de equações:

$$P = X_A P_A + X_B P_B + P_D$$

$$PD = X_A P_A D_A + X_B P_B D_B + P_D D_D$$

$P_A = \$83,71 / \$100,00$  do valor de face,  $P_B = \$113,43 / \$100,00$  do valor de face

$$D_A = 7,56 \text{ anos}; D_B = 5,17 \text{ anos}; D_C = 7 \text{ anos};$$

Portanto, as quantidades que devem ser adquiridas de cada título são:

$$X_A = 4.778 \text{ títulos e } X_B = 1.079 \text{ títulos}$$

O resultado da imunização está expresso na tabela abaixo:

Tabela 6C: Imunização usando Fisher-Weil *duration*.

	$r=r_{01}$	$r-r_{01} - \Delta_1$	$r-r_{01} \Delta_1$
TÍTULO A			
Quantidade	4,778		
Preço	83,71	72,99	96,95
Total (a)	399.966,38	348.756,40	463.243,38
TÍTULO B			
Quantidade	1,079		
Preço	113,43	103,11	125,22
Total (B)	122.390,97	111.254,00	135.115,33
Investimento (A+B)	522.357,35	460.010,40	598.358,70
Passivo	522.395,48	458.615,80	596.515,46
Diferença	-38,13	1.394,59	1.843,24

Fonte: Araújo (2000)

Observa-se que a imunização de fato protege o investimento quanto ao risco de taxa de juros. As diferenças apresentadas são de pequena montam comparadas com o valor do investimento, Além disso, como se dá na análise tradicional, a imunização usando um portfólio de *bonds* sempre conduzirá a um pequeno superávit, em função da convexidade da carteira.

## 4

### Modelos Dinâmicos que explicam a Estrutura Temporal das Taxas de Juros

Até agora foram apresentados modelos estáticos de avaliação de *bonds*. Nesses modelos se considerava uma dada situação, aliada a uma curva de juros a vista previamente definida e se avaliava os títulos de renda fixa. Neste capítulo se está interessado em ambientes em que as taxas de juros se comportem dentro de alguns parâmetros não mais sujeitos a uma vontade mas a uma regra definidas de evolução. E, com base nesses fatores, que agora variam de modo randômico, é que se apreça *bonds* e qualquer ativo financeiro cujo valor seja uma função das taxas de juros.

Os modelos dinâmicos baseiam-se na assunção de que os movimentos nas taxas de juros ocorrem de forma estocástica. Além disso a evolução dos juros está associada a uma distribuição de probabilidade.

Este capítulo está dividido em três partes: na primeira são discutidos os principais modelos dinâmicos desenvolvidos em tempo contínuo, a segunda para traz os modelos em tempo discreto e a última apresenta uma aplicação de um desses modelos a uma situação hipotética.

#### 4.1

##### Os modelos de tempo contínuo

Os modelos de tempo contínuo assumem que os mercados financeiros funcionam em todo e qualquer momento. Assim, os preços de quaisquer ativos podem variar continuamente. Tais modelos supõem a existência de mercados completos e perfeito – sem fricções.

Esses modelos trazem em suas estruturas a descrição de evolução dos juros como uma função matemática, expressa por uma equação diferencial parcial estocástica aplicada a processos de difusão.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Para um estado destes processos estocásticos ver, Volteu (1966).

Esta dissertação não discutirá todos os múltiplos modelos contemplados na literatura que utilizam esta metodologia, mas com certeza abordará aqueles que se destacam pelo pioneirismo de trazerem novas considerações acerca do comportamento dos juros. Aqui serão tratados os modelos de Merton (1973), Vasicek (1977) – e uma extensão deste, o modelo de Brennan e Schwartz (1979) – e o de Cox, Ingersoll e Ross (1985).

#### 4.1.1

##### O Modelo de Merton

O leitor perceberá que a forma como será apresentado este modelo difere da dos demais. Entretanto ele não está aqui por capricho, mas pelo pioneirismo de utilizar a abordagem de tempo contínuo para apreçar ativos financeiros (títulos de renda fixa de renda variável e instrumentos derivativos). Esta apresentação é feita dentro de um contexto de aplicação para a precificação de opções lançadas tendo como ativo objeto um título de renda fixa. E é dentro deste arcabouço de análise de opções que se discutirá o modelo.

Black e Scholes (1973), em um trabalho pioneiro, apresentaram uma equação fechada para precificação de derivativos – neste caso uma opção de compra de uma ação do tipo europeia.<sup>33</sup>

Merton modificou o modelo básico de Black e Scholes de modo a especificar um processo estocástico de difusão, com distribuição lognormal dos retornos, aplicável ao apreçamento de um título de longo prazo, de modo semelhante ao da evolução do preço de uma ação. A expressão analítica de evolução do preço do título é dada por:

$$\frac{dB}{B} = \mu dt + \sigma dz,$$

onde B é o preço de um título sem cupom, que paga \$1 na maturidade,  $\mu$  é o termo de drift (ou tendência, ou deslocamento) que também representa a taxa de retorno

---

<sup>33</sup> As opções são classificadas, quanto ao exercício, em europeia e americana. A opção europeia é aquela que só pode ser exercida no vencimento, enquanto que a opção americana pode ser exercida a qualquer momento até a data do vencimento.

instantâneas esperada,  $\sigma$  é a volatilidade e  $z$  é um movimento browniano padrão.<sup>34</sup>

O preço de qualquer instrumento derivativo, criado a partir do *bond* de longo prazo, pode ser determinado ao se construir um portfólio (posição de hedge), constituído de uma posição no próprio título e uma outra em um ativo de curto prazo livre de risco, que replica os fluxos de caixa do derivativo.

Por exemplo, para uma opção de compra do tipo européia, ao se solucionar a posição de hedge, restrita à condição de fronteira para o valor da opção  $\{\max(S - K, 0)\}$ , onde  $S$  é o preço do ativo objeto (o *bond* de longo prazo) na data de exercício da opção e  $K$  é o preço de exercício da opção), se obtém

$$C = BN(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2),$$

$$d_1 = \frac{\ln(B/K) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t},$$

- $C$  é o preço da opção européia de compra do *bond* de longo prazo;
- $r$  é a taxa e juros instantânea livre de risco;
- $\sigma$  é a volatilidade, constante, da mudança instantânea no logaritmo natural do preço do título – o que implica que os preços dos títulos tem um comportamento lognormal, enquanto a taxa de retorno é explicada por uma distribuição normal padrão;
- $T - t$  é prazo a decorrer até a data de exercício da opção, e
- $N(.)$  representa a função densidade normal cumulativa padrão
- $K$  é o preço de exercício
- $B$  é preço do título sem cupom

A vantagem principal deste modelos para a precificação de opções lançadas sobre títulos de renda fixa decorre de sua simplicidade, sendo necessários utilizar somente dados observados no mercado para implementá-lo.

<sup>34</sup> Um movimento browniano padrão é um processo estocástico com média zero e variância igual a  $dt$ .

Do ponto de vista conceitual, entretanto, o modelo apresenta problemas difíceis de serem sanados. Um dos problemas está no fato de se admitir que os retornos em títulos de renda fixa seguem uma distribuição normal. Tal consideração conduz a conclusão de que, existe uma probabilidade não nulas de ocorrência de taxas nominais de juros negativos, o que não é observado na vida real. Uma outra simplificação, com grandes implicações para a precificação de ativos de renda fixa, é que a volatilidade é considerada constante. Esta suposição não é adequada quando se avalia *bonds* uma vez que pagam um valor definido na maturidade, independentemente do comportamento das taxas de Juros. A figura 6 mostra uma representação hipotética de evolução do preço de um *bond* que paga cupons periódicos e que foi inicialmente negociado ao par.

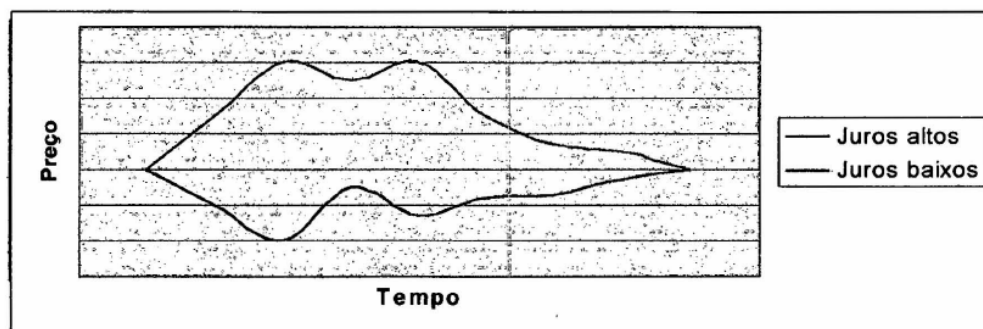


Figura 6: Evolução dinâmica do preço de um *bond* com o tempo.

Fonte: Araújo (2000)

A evolução temporal do preço do título de renda fixa sugere que sua volatilidade cresce com a maturidade. Títulos mais longevos apresentam maior volatilidade de preço. Adicionalmente evidencia-se um padrão em que a volatilidade é crescente após a emissão do título mas, depois de um certo prazo, se torna decrescente de modo a permitir uma convergência ao valor de face, na maturidade.

#### 4.1.2

##### O Modelo de Vasicek

Trata-se de um modelo de equilíbrio parcial da estrutura temporal das taxas de juros. Vasicek considera que a taxa de juros de curto prazo é o fator único

que explica todo o comportamento da curva de juros e, por conseguinte, o único determinante dos preços dos *bonds*. O comportamento da taxa de juros é expresso pelo seguinte processo de difusão.

$$d_r = f(r,t)dt + \rho(r,t)dz, \text{ onde}$$

- $f(r,t)$  e  $\rho(r,t)$  são o drift e o desvio padrão instantâneos do processo de  $r(t)$ , e
- $dz$  é um movimento browniano, com variância  $dt$ .

O preço de qualquer título de desconto, cujo valor dependente da taxa de juros de curto prazo e do prazo até a maturidade ( $s$ ), pode ser escrito como:

$$dP = P\mu(r,s,t)dt - P\rho(t,s,r)dz.$$

Similarmente ao modelo de Merton (1973), é possível definir um portfólio de hedge consistindo de *bonds* de duas maturidades diferentes que é instantaneamente livre de risco. O mecanismo de arbitragem que rege a relação entre *bonds* de diferentes maturidades,  $s_1$  e  $s_2$ , é expresso pelo preço de mercado do risco  $q(i,r)$ <sup>35</sup>,

$$q(t,r) = \frac{\mu(t,s_1) - r(t)}{\sigma(t,s_1)} = \frac{\mu(t,s_2) - r(t)}{\sigma(t,s_2)} = \frac{\mu(t,s,r) - r(t)}{\sigma(t,s,r)}, s \geq t$$

Este modelo genérico não apresenta solução fechada. Vasicek então considera uma simplificação em que o preço de mercado do risco é constante, obtendo:

$$dr = \alpha(\gamma - r)dt + \rho dz,$$

$$f(r,t) = \alpha(\gamma - r), \quad \rho(r,t) = \rho, \quad \alpha > 0$$

<sup>35</sup>O preço de mercado do risco mede o incremento na taxa de retorno instantânea esperada em um ativo financeiro para cada unidade adicional de risco (desvio padrão dos retornos).



Nesta formulação  $u$  é conhecido como a elasticidade do termo de reversão a média e  $y$  é a média de longo prazo, para a qual a taxa de curto prazo tem uma tendência de reversão.

A grande vantagem do modelo de Vasicek é que apresenta uma solução razoavelmente aceita de que a taxa de juros tende, a longo prazo, a reverter a sua média histórica. Além disso, a fórmula obtida para a evolução da taxa de juros permite que se teste empiricamente o modelo.

Sua fraqueza está no fato de que o preço de mercado do risco é exógeno ao modelo. Além disso é constante para títulos de quaisquer maturidades.

Brennan e Schwartz (1979) explicitamente ampliaram o modelo de Vasicek para incluir um segundo fator para explicar a estrutura temporal de juros, a taxa de juros de longo prazo. No modelo deles a taxa de curto prazo apresenta um comportamento de reversão à média, que neste caso é admitida ser a taxa de longo prazo. Os processos de difusão das taxas de juros obedecem às equações estocásticas:

$$d_r = \beta_1(r, l, t)dt + \eta_1(r, l, t)dz_1 \quad (\text{curto prazo})$$

$$d_l = \beta_2(r, l, t)dt + \eta_2(r, l, t)dz_2 \quad (\text{longo prazo})$$

$$\beta_1(r, l, t) = r \left[ \alpha \ln\left(\frac{1}{pr}\right) + \frac{1}{2} \sigma_1^2 \right],$$

$$\eta_1(r, l, t) = r \sigma_1$$

$$\eta_2(r, l, t) = r \sigma_2$$

Onde  $dz_1$  e  $dz_2$  são movimentos brownianos padrão,  $dz_1 dz_2 = \rho dt$ ,  $\eta_1$  e  $\eta_2$  são os desvios padrões dos processos das taxas de juros de curto e de longo prazo, respectivamente, e  $\rho$  é a correlação entre os processos que governam estas taxas de juros,  $\beta_1(\cdot)$  e  $\beta_2(\cdot)$  são as taxas de mudança instantânea esperadas para as taxas de curto e longo prazo, respectivamente.

A taxa de juros de longo prazo é representada pelos juros pagos em um título perpétuo, o consol inglês, uma variável observada no mercado.

A vantagem de um modelo com dois fatores é que permite explicar uma variedade maior de movimentos na estrutura temporal de juros.

A grande desvantagem está na dificuldade maior de implantação de um modelo com duas taxas diferentes e processos próprios de evolução. Como em, Vasicek, o preço de mercado do risco é obtido exogenamente.

### 4.1.3

#### O Modelo de Cox, Ingersoll e Ross (CIR)

O modelo CIR é o primeiro modelo de equilíbrio geral para apreciar ativos de renda fixa que pode ser aplicado para modelar a estrutura temporal das taxas de juros.

Os principais pressupostos do modelo são que: as preferências dos investidores são logarítmicas e que é variável de estado que descreve o comportamento dos juros na economia (a taxa de juros de curto prazo) segue um processo em que sua volatilidade está relacionada com a raiz quadrada de seu nível atual. O processo para a taxa de juros de curto prazo é explicitado pela equação:

$$dr = k(\theta - r)dt + \sigma\sqrt{r}dz$$

Para  $\kappa, \theta > 0$ , a taxa de curto prazo evolui através de um processo autoregressivo de ordem 1<sup>36</sup>, onde o movimento randômico da taxa é elasticamente direcionado para um valor de longo prazo, 0. O parâmetro  $k$  determina a velocidade de ajustamento da taxa atual à sua média de reversão de longo prazo  $\kappa$ ,  $\theta, \sigma^2$  são constantes.

A grande vantagem deste modelo é que, por se basear em uma condição de equilíbrio geral, ele é completamente consistente internamente.

Por construção, a taxa de juros de curto prazo não pode tornar-se negativa uma vez que a sua variância, em cada momento, é função da raiz quadrada do nível da própria taxa. Isto implica que, na existência de juros elevados podem ocorrer grandes variações nominais nos juros, enquanto que, quando o nível de juros é baixo, a variação possível na taxa é pequena.

<sup>36</sup> Greene (1997) define um processo autorregressivo de ordem 1 como uma série temporal que pode ser explicada pela equação:  $\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + \mu_t$ , sendo  $E[\mu_t] = 0$  e  $E[\mu_t^2] = \sigma^2_t$ .

Um problema de especificação do modelo, que decore da característica de equilíbrio é que, por construção, a estrutura de juros é determinada endogenamente e pode não explicar a curva real em sua totalidade. Uma outra restrição feita diz respeito à condição de ser unifatorial, implicando que as variações dos preços de todos os *bonds* são perfeitamente correlacionadas. O modelo pode ser útil para explicar as diversas formas da estrutura temporal de juros mas falha em explicar mudanças na curva.

$$dr = k(\theta - r)dt + \sigma\sqrt{r}dz$$

#### 4.1.4

#### Comparação entre o modelo de Vasicek e o modelo CIR

A abordagem pioneira proposta por Vasicek (1977) descreveu um modelo para a dinâmica da taxa de juros instantânea sobre uma medida de neutralidade a risco. O modelo do Vasicek considerou a condição de arbitragem entre os títulos de renda fixa de maneira análoga ao modelo de Black-Scholes (1973), permitindo a construção de um modelo teórico de fácil tratabilidade numérica. No entanto, o modelo apresenta alguns inconvenientes. Um dos problemas existentes o fato da taxa de juros poder assumir valores negativos. Outro ponto importante está na premissa adotada, onde o preço de mercado do risco é considerado constante e não depende do nível da taxa de curto prazo. Além disso, o modelo não considera toda informação disponível no mercado, uma vez que não incorpora a estrutura a termo de juros presente.

Cox, Ingersoll e Ross (1985a e 1985b) sobre uma abordagem de equilíbrio geral, segue como uma extensão do trabalho de Vasicek (1977). O modelo determina endogenamente o processo estocástico seguido pela taxa de juros e sua relação com variáveis econômicas reais. O modelo é totalmente consistente com as expectativas racionais e preferências dos agentes. No modelo, também de um único fator, é introduzido um termo de raiz quadrada no coeficiente de difusão para a dinâmica da taxa de juros instantânea, dessa forma, ao contrário do modelo de Vasicek (1977), as taxas de juros não podem assumir valores negativos. Apesar do modelo CIR, ser desenvolvido com base em um ferramental de equilíbrio

geral, com a definição adequada das 15 variáveis de estado e do preço de risco de mercado, modelos de equilíbrio geral podem ser vistos sobre o contexto de não-arbitragem.

Tanto o modelo do Vasicek (1977) quanto o modelo CIR (1985) são casos específicos de modelos afim, dentre outros, que estenderam os trabalhos com relação aos fatores utilizados e quanto ao processo gerador de dados. Na prática, esses modelos de um único fator impõem restrições à dinâmica da estrutura a termo e ajustam a curva, geralmente, de maneira insatisfatória. Normalmente, a solução dada é adoção de modelos com estruturas mais flexíveis e a adição de fatores de risco (variáveis de estado) no processo da estrutura a termo.

Os modelos de Vasicek e CIR assumem uma forma funcional para o preço do título *zerocoupon* dependente da taxa de curto prazo e dos parâmetros, estes, exógenos ao modelo. Considerando que estes modelos forneçam uma boa descrição da estrutura a termo, na ausência de qualquer mudança estrutural na economia, ou algo que afete a estrutura a termo, os parâmetros destes modelos devem ser constantes. E assim, a função de desconto será uma função de um único fator de risco. No entanto, nos países desenvolvidos e principalmente no Brasil, a estrutura a termo é extremamente complexa para que mudanças sofridas nela sejam explicadas por apenas uma variável. Sem mencionar a dificuldade de um modelo em ajustar tanto as taxas de juros quanto à estrutura a termo de volatilidade. A abordagem sugerida na tentativa de amenizar este problema é, primeiramente, fazer como que a estrutura a termo valha, ou seja, é necessário que ela seja suficientemente adequada, de maneira que possa fornecer um valor justo aos preços dos títulos. A premissa de que os parâmetros são fixos ao longo do tempo é relaxada, assumindo dessa forma, que estes parâmetros variam de forma independente à variável de estado. Na prática, é realizado a calibração diária dos parâmetros, onde os parâmetros são re-estimados a cada dia por algum critério de minimização de erro, de tal modo que a curva teórica gerada seja consistente com a curva observada no mercado.

Existem limitações no que se referem a esses modelos paramétricos. Apesar de ajustados à estrutura a termo observada, normalmente esses modelos geram preços divergentes dos preços existentes no mercado, e alguns estados na natureza não conseguem ser capturados por estes modelos, produzindo preços inadequados para os derivativos que utilizam taxas de juros como ativo

subjacente. Como consequência destas limitações, surgiram na literatura os modelos “evolucionários”, representados pelos trabalhos de Ho e Lee (1986) e Heath, Jarrow e Morton (1992), dentre outros. Seguindo Carverhill (1991), os modelos evolucionários podem ser contrastados com os modelos de equilíbrio geral estudados nesse trabalho, Vasicek (1977) e CIR (1985). Apesar de também formulado com base na idéia de não-arbitragem, a diferença fundamental entre esses tipos de modelos é que, enquanto os modelos de equilíbrio procuram caracterizar a estrutura a termo em qualquer momento, assumindo a existência de equilíbrio, os modelos ditos evolucionários se concentram na evolução da estrutura a termo, dada a estrutura inicial observada. Nestes modelos, a dinâmica da estrutura a termo é determinada basicamente pela condição inicial de ajuste do modelo à estrutura a termo real, incorporando-a completamente (e possivelmente também a estrutura de volatilidade) no processo de difusão da taxa de curto prazo. Essas diferenças trazem à tona as vantagens e desvantagens destes modelos; o modelo de equilíbrio prevê o formato da estrutura a termo, eventualmente, de uma maneira que não corresponde à curva observada em um dado instante de tempo. No entanto, pode-se esperar que produza um ajuste, até certo ponto adequado, para todos os momentos. Enquanto que, o poder de predição do modelo evolucionário será inicialmente perfeito, porém, terá sua acuracidade reduzida à medida que se afasta do tempo presente.

## 4.2

### Os modelos de tempo discreto

Os modelos de tempo discreto aqui apresentados são baseados em uma árvore binomial, em especial uma lattice<sup>37</sup>. A principal vantagem dos modelos binomiais sobre os de tempo contínuo está na facilidade de implantação, quando se deseja avaliar ativos financeiros.

Os modelos binomiais admite que o mercado opera em tempo discreto. Além disso se assume que as decisões tomadas acerca de compra ou venda de

---

<sup>37</sup> Uma árvore binomial é uma construção em que partindo-se de um dado estado se admite apenas dois resultados possíveis de ocorrência no instante seguinte, um movimento para cima (up) ou para baixo (down). Quando se admite que a árvore binomial se reconecte, isto é, um movimento de alta seguido por um de baixa conduz ao mesmo resultado de um movimento para baixo seguido de um outro para cima, se obtém uma lattice.

ativos, ocorrem em momentos previamente especificados. Isto é, quando se constrói uma árvore binomial se admite que as transações são realizadas nos instantes para os quais se definem os nós da árvore, não se prevendo negócios no período compreendido entre dois momentos subsequentes.

Até o momento presente, em função de maior facilidade de implementação, os modelos binomiais têm sido mais utilizados pelo mercado do que seus pares de tempo contínuo. Inicialmente será apresentado o modelo desenvolvido Ho e Lee (1986), como um modelo geral da técnica e depois serão discutidos dois modelos utilizados por instituições financeiras: Solomon e Goldman Sachs.

#### 4.2.1

##### O Modelo de Ho e Lee

O modelo Ho-Lee foi desenvolvido em tempo discreto, utilizando uma lattice binomial como suporte para explicar a evolução da estrutura temporal da taxa de juros. O objetivo principal dos autores consiste em prover o mundo acadêmico e o mercado financeiro de uma ferramenta de fácil implementação para o apreçamento de ativos financeiros cujo preço é função da estrutura temporal de juros.

A taxa de desconto a vista, continuamente composta  $r(T)$  é dada pela relação

$$r(T) = -\frac{\ln P(T)}{T},$$

- $T$  é o prazo até a maturidade, e
- $P(T)$  é uma função de desconto, para o valor do título de desconto puro que paga \$1 na maturidade.

Genericamente,  $P_t^n(T)$  representa o valor do título de desconto que paga \$1 na maturidade  $T$ , cujos preços evoluíram através de uma lattice binomial pelos últimos  $n$  períodos, tendo apresentado  $i$  movimentos ascendentes, sujeito às condições de fronteira.

$$P_t^n(0) = 1, \quad \text{e} \quad \lim P_i^n(T) = 0$$

Estas condições de fronteira implicam que o preço de todos os títulos de renda fixa convergem para seu valor de face na maturidade e, para maturidades infinitas, um título de desconto puro tem valor insignificante.

Se não se espera qualquer risco de taxa de juros no próximo período, para que se evite a possibilidade de arbitragem, a função de desconto a vista, que é o próprio preço do título, deve ser igual a função de desconto a termo  $F_t^n(T)$ .

$$F_t^n(T) = P_t^{n+1}(T) = P_{i+1}^{n+1}(T) = \frac{P_i^n(T+1)}{P_i^n(1)}, \quad T=0,1,2,\dots$$

A modelagem das incertezas acerca da estrutura temporal de juros – função das taxas a termo – é feita ajustando-se divergências entre as taxas a termo possíveis (dada sua evolução binomial) à condição de certeza ( $F_t^n(T)$ ). Estes ajustes são efetuados através do uso de funções de perturbação,  $h(T)$  e  $h^*(T)$  para os estados decorrentes de movimentos ascendentes ou descendentes, respectivamente. Estes movimentos são descritos pelas seguintes equações:

$$Up \quad P_{i+1}^{n+1}(T) = \frac{P_i^n(T+1)}{P_i^{n+1}(1)} h(T)$$

$$Down \quad P_i^{n+1}(T) = \frac{P_i^n(T+1)}{P_i^{n+1}(1)} h^*(T)$$

Como  $h(0) = h^*(0) = 1$ . Os movimentos up e down ocorrem com probabilidades  $\pi$  e  $1-\pi$  respectivamente, que os autores denominam de probabilidades binomiais implícitas, e que se constituem em probabilidades definidas para investidores neutros ao risco.

A principal vantagem deste modelo é que considera a estrutura temporal de juros como dada. A partir da curva observada no mercado são calculadas as funções de perturbação e as probabilidades implícitas, de modo a assegurar que os

preços calculados pelo modelo sejam os mesmos observados no mercado. Todo o desenvolvimento da árvore se dá em um ambiente que evita a possibilidade de arbitragem. Assim, para o período inicial, todos os ativos dependentes dos níveis de juros devem render obrigatoriamente a taxa livre de risco para um período.

A extensão temporal da árvore define o prazo máximo de sua utilização para o apreçamento de ativos cujos valões são contingentes aos níveis de taxas de juros. Assim, se se constrói uma lattice que se estende do momento inicial (definido como zero) até o momento 10, pode-se avaliar ativos que maturem até o instante 10. A árvore se aplica ao apreçamento tanto de títulos de desconto puros, quanto daqueles que efetuam pagamentos intermediários, e, ainda, para quaisquer derivativos lançados, tendo um instrumento de renda fixa como ativo objeto, e que tenham data de exercício até o instante 10.

#### 4.2.2

##### O Modelo Solomon<sup>38</sup>

Trata-se de um modelo unifatorial, onde a taxa de juros de curto prazo é a raiz de todas as demais taxas a vista futuras. O modelo se desenvolve em um ambiente e que a volatilidade das taxas de juros é constante para todo o período de observação.

Dada sua característica binomial, partindo-se de uma taxa a vista original, admite-se apenas duas possíveis taxas a vigorar no período seguinte,  $r_u$  ou  $r_d$ , para os movimentos up ou down, respectivamente. A evolução da taxa segue os seguintes parâmetros:

$$\begin{array}{ll} Up & r_u = re^{m_t + \sigma\sqrt{t}} \\ Down & r_d = re^{m_t + \sigma\sqrt{t}} \end{array}$$

- R é as taxa de juros de curto prazo, aplicável ao período inicial;
- M, representa o fator de drift, que indica a tendência futura dos juros durante o período l;

---

<sup>38</sup> Ver Ekon (1999).



- $\sigma$  é a volatilidade das taxas e juros, e
- $\Theta = 2,71828$ .

Neste modelo admite-se que a volatilidade da taxa de juros é constante para todo o período de análise. Isto é, se se quer avaliar o comportamento dos juros por um período de 3 anos se admite que  $\sigma$  é invariante pelos próximos 3 anos. O fator de drift, entretanto, modifica-se entre estágios intermediários de avaliação. O drift tanto pode ser positivo quanto negativo, dependendo do comportamento da curva de juros a vista. Se esta apresenta-se monotonicamente crescente o *drift* é positivo, caso a curva seja decrescente o *drift* é negativo.

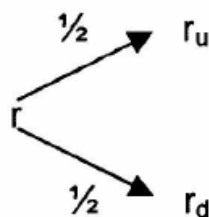
#### 4.2.3

#### O Modelo Goldman Sachs (BDT)

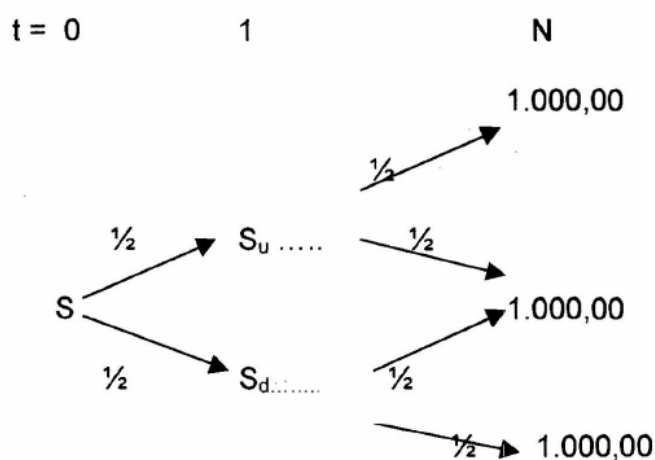
Este modelo binomial, também conhecido como Black, Derman e Toy (1990) (BDT) apresenta as seguintes características principais:

- a) O modelo é unifatorial. Todas as taxas de juros, e por conseguinte os preços dos títulos de renda fixa, dependem apenas de um fator – a taxa de juros de curto prazo;
- b) São considerados como dados: a curva de juros a vista e a curva de volatilidade destas taxas. Estas curvas são obtidas a partir de dados do mercado, tendo como base o comportamento de títulos de desconto puro, isentos de risco de crédito.
- c) A evolução das taxas de juros segue um padrão previamente definido. Os resultados obtidos no modelo devem ser tais que ao se apreçar um título de renda fixa, utilizando a árvore binomial, se obtenha o mesmo valor definido pela curva de juros vigente no mercado.

A taxa de juros por um período evolui de  $r$ , ou para  $r_u$ , ou para  $r_d$ , com a mesma probabilidade.



O preço de um título de desconto que paga \$1.000,00 na maturidade, evolui em função dos juros, conforme o seguinte diagrama binomial:



$$S = \frac{1000}{(1 + r_{0t})^t}$$

$r_{0t}$  é taxa a vista para títulos que maturam em  $t$  períodos. Para o caso específico de títulos de desconto vencendo em dois períodos resolve-se o seguinte sistema de equações:

$$S = \frac{\frac{1}{2}S_u + \frac{1}{2}S_d}{1 + r}; \quad S_u = \frac{1000}{1 + r_u}; \quad S_d = \frac{1000}{1 + r_d}$$

Quando se quer construir uma árvore para um horizonte superior a 2 períodos o que se faz é incorporar novos ramos. Os resultados obtidos para os títulos de desconto que vencem em  $n$  períodos continuam válidos quando adicionamos o período  $n + 1$ .

A convergência da *lattice* é assegurada pela relação entre a medida de volatilidade e as taxas de juros. Para o segundo período, tal relação é dada por:

$$\sigma^2 = \frac{\ln \frac{r_u}{r_d}}{2},$$

Para os demais períodos deve-se observar a curva de volatilidade medida com dados do mercado, uma vez que a volatilidade não é constante. A volatilidade, por esse modelos, depende apenas do tempo, sendo independente da evolução das taxas.

A seguir será apresentado um exemplo usando o modelo BDT. A intenção é mostrar, passo a passo, como se constrói uma árvore binomial com o objetivo de precificar *bonds*.

### 4.3

#### Aplicação do modelo BDT a uma situação hipotética

Considere que as curvas de juros e volatilidade das taxas de juros observadas no mercado sejam as indicadas na tabela 7.

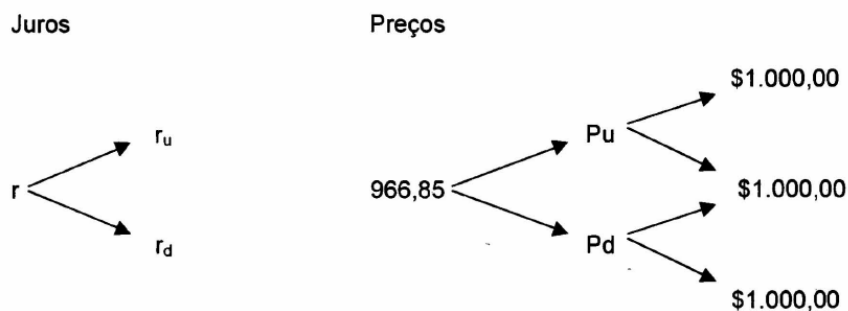
Tabela 7: Curvas hipotéticas de juros e de volatilidade.

Prazo (t períodos)	Juros (%a.p.)	Volatilidade (%a.p.)	PV <sub>1</sub>
1	1,800	0,300	982,32
2	1,700	0,250	966,85
3	1,60	0,200	953,50
4	1,500	0,180	942,18

PV<sub>1</sub> = valor presente de um título sem cupom que paga \$1.000,00 na data t.

Fonte: Araújo (2000)

Não há qualquer necessidade de se montar uma árvore para o primeiro período pois este é certo. Um banco investindo seus recursos hoje receberá, ao fim do primeiro período, um rendimento de 1,800%. Para o segundo período, entretanto, admite-se que os juros a vista podem aumentar ou diminuir com probabilidade igual a 0,59. Abaixo são representadas as árvores binomiais de evolução da taxa de juros e do preço do título,



Para estas árvores escreve-se as equações correspondentes a seus nós:

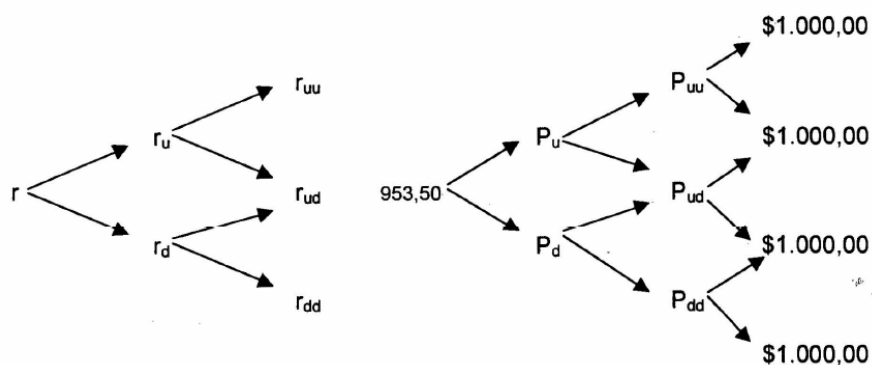
$$966,85 = \frac{1}{2} \frac{(P_u + P_d)}{(1+r)} \quad P_u = \frac{1000}{(1+r_u)} \quad P_d = \frac{1000}{(1+r_d)} \quad \sigma^2 = \frac{\ln \frac{r_u}{r_d}}{2}$$

Do sistema de equações acima de obtém as possíveis taxas a vista, passíveis de vigorar no próximo período:

$$r_u = 1,604\% \quad r_d = 1,596\%$$

O próximo passo consiste em acrescentar um novo período à árvore. Os resultados para a situação com apenas dois períodos continuam válidos também para três.

Abaixo são apresentadas as novas lattices:



E seu correspondente sistema de equações:

$$P_u = \frac{\frac{1}{2}(P_{uu} + P_{ud})}{(1 + r_u)}$$

$$P_d = \frac{\frac{1}{2}(P_{ud} + P_{dd})}{(1 + r_d)}$$

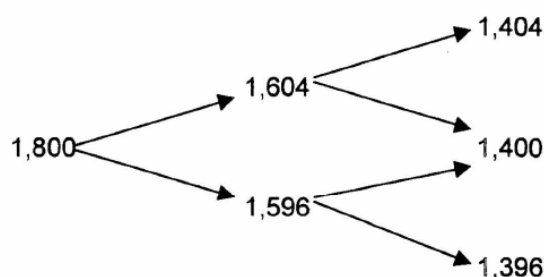
$$\sigma_3 = \frac{\ln \frac{r_{uu}}{r_{ud}}}{2} = \frac{\ln \frac{r_{ud}}{r_{dd}}}{2}$$

$$P_{uu} = \frac{1000}{(1 + r_{uu})}$$

$$P_{ud} = \frac{1000}{(1 + r_{dd})}$$

$$P_{ud} = \frac{1000}{(1 + r_{ud})}$$

Ao se resolver o sistema de equações se obtém a árvore de taxas de juros abaixo:



Esta árvore binomial permite precificar qualquer instrumento financeiro cujo valor seja dependente das taxas de juros e que matura em até três períodos.

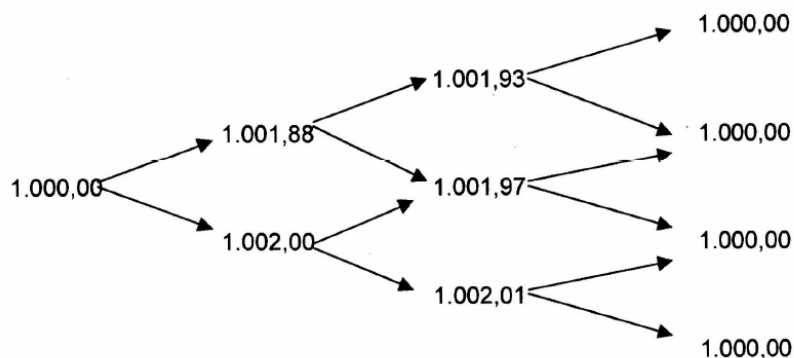
Por exemplo, considere que se deseja determinar o valor de um título de emissão do Banco Central, que matura em 3 períodos, pagas juros de 1.600%a.p. Mas pode ser resgatável ao fim do segundo período pelo valor de face.

O preço de um título que tem uma característica de opção é igual ao valor de um título comum, adicionando (ou reduzido) do valor da opção,

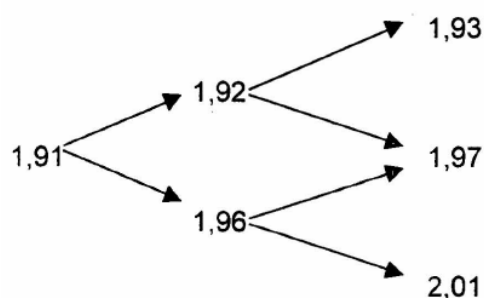
$$\text{Preço do bond com opção} = \text{preço do bond sem opção} + \text{preço da opção}$$

A solução deste problema consiste em construir duas árvores binomiais, uma para apreçar o título de dívida puro e uma outra para definir o valor da opção.

A árvore seguinte corresponde à evolução do preço do título de dívida puro.



A árvore correspondente à opção de resgate antecipado é obtida ao se comparar o valor de pagamento com o valor previsto pelo modelo. Como o emissor pode resgatar ao fim do segundo período pelo valor de face a opção será exercida para qualquer um dos padrões de comportamento de juros e será avaliada conforme a seguinte árvore:



Portanto, um banco ao comprar este instrumento financeiro deve pagar por ele \$998,09 ( $=\$1.000,00 - \$1,91$ ).

Este capítulo final tratou de modelos mais atualizados utilizados para precificar títulos de renda fixa. Foram discutidos modelos de tempo contínuo e de tempo discreto. Como foi lugar comum nesta dissertação, mais uma vez se apresentou um exercício que demonstra a utilização da técnica. Deu-se preferência ao modelo Balck, Derman e Toy em função de ser aplicado por instituições financeiras para a determinação de preço de títulos de renda fixa e de seus instrumentos derivativos.

## 4.4

### **Bonds Zero-Coupon**

Uma zero-coupon *bond* (também chamado *discount-bond* ou *deep discount bond*) é um *bond* comprador a um preço menor que o valor de face, com o valor de face pago no vencimento do *bond*. Esse *bond* não tem pagamentos periódicos de juros (coupons). Por isso, é chamado de zero-coupon *bond*. Quando o *bond* atinge a maturidade, o investidor receberá o valor par (ou de face) do *bond*. Exemplos de zero-coupon *bonds* incluem: U.S. Treasury Bills, U.S savings *bonds*, Long-Term Zero-Coupon *bonds*, e qualquer tipo de *bond* que os coupons foram retirados (“stripped”).

Os *bonds* de zero-coupon tem a *duration* igual ao tempo de vencimento do *bond*, isso faz com que esses *bonds* sejam mais sensíveis a quaisquer alteração nas taxas de juros.

## 4.5

### **Bootstrapping**

*Bootstrapping* é um método de construir uma curva zero-coupon utilizando os preços de outros instrumentos financeiros zero-coupons, tais como *bonds* e swaps.

Usando esses outros instrumentos financeiros é possível derivar as *swap rates* (*forward* e *spot*) para todos os vencimentos utilizando por exemplo a interpolação linear. A estrutura a termo das taxas spot é encontrada aplicando a esses *bonds* a substituição da *forward* recursivamente.

A substituição recursiva da *forward* tem o objetivo de resolver a matriz:

$$Lx = b$$

ou

$$Ux = b$$

A matriz  $Lx=b$  pode ser escrita como um sistema de equações lineares:

$$\begin{array}{rcl}
 l_{1,1}x_1 & & = b_1 \\
 l_{2,1}x_1 + l_{2,2}x_2 & & = b_2 \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 l_{m,1}x_1 + l_{m,2}x_2 + \cdots + l_{m,m}x_m & = & b_m
 \end{array}$$

Podemos observar que a primeira equação apenas envolve  $x_1$ , e assim o  $x_1$ , nesse caso o pode ser resolvido diretamente. A segunda equação já envolve  $x_1$  e  $x_2$ , e assim, poderá ser resolvida com o resultado da primeira equação. Continuando dessa forma, todos os valores de  $x$  ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) serão resolvidos.

As fórmulas resultantes serão:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{b_1}{l_{1,1}}, \\
 x_2 &= \frac{b_2 - l_{2,1}x_1}{l_{2,2}}, \\
 &\vdots \\
 x_m &= \frac{b_m - \sum_{i=1}^{m-1} l_{m,i}x_i}{l_{m,m}}
 \end{aligned}$$

Esse processo iterativo é chamado *bootstrapping*.



## 5

### ***Eurobonds***

A análise de instrumento do mercado de capitais pode ser basicamente vista por dois prismas: o primeiro do emissor que capta recursos financeiros do mercado de títulos e a consequente influência dessa captação no financiamento das atividades produtivas e o segundo tratam-se do ponto de vista do investidor, que aplica seus recursos excedentes e busca maximizar seu bem-estar (ou sua riqueza), enfrentando riscos nessas aplicações.

A presente dissertação aborda a visão dos agentes emissores e a participação de instrumentos negociáveis de dívida como *funding* para investimento na produção. No entanto, serão apresentados aspectos voltados às operações de investimentos nesses títulos, pois a visão do investidor afeta diretamente o valor dos juros a ser pago pelo emissor (retorno exigido pelo investidor) bem como a demanda dos investidores é fator primordial na escolha de emissão de um título, especialmente em operações de *eurobonds*.

#### 5.1

##### **A Natureza dos *eurobonds***

Segundo Clarke (1993), o *eurobond* é um título de dívida internacional com estrutura semelhante a títulos de dívida emitidos e negociados nos mercados internos (domésticos), em geral são denominados somente por *bonds* (*domestic bonds*) o que, no Brasil, seria semelhante às debêntures emitidas no mercado doméstico.

Um *eurobond* é um contrato de dívida entre o emissor e um investidor, envolvendo a obrigação de o emissor pagar os juros e o principal (montante total emprestado) em datas previamente acordadas.

Uma importante característica refere-se à negociabilidade (transferibilidade, *tradeability*) do título de um investidor para outros investidores a qualquer momento. Essa natureza diferencia as operações com *bonds* das

operações de empréstimos bancários pois existe um mercado líquido e organizado para negociar os títulos.

## 5.2

### ***Bonds domésticos, bonds estrangeiros, Eurobonds e Global Bonds***

Os *Bonds domésticos* são títulos de dívida emitidos em um país específico por uma instituição local, esses títulos são negociados por investidores locais na bolsa do país, e seguem as regras legais e jurídicas do país. Um exemplo é a General Motors Inc., empresa norte-americana, que emite *bonds* numa bolsa de valores norte-americana, negociados entre investidores norte-americanos, conforme a regulamentação da SEC e órgãos competentes.

Segundo Roberts (2000), o mercado internacional de *bonds* (e *notes*) tem dois componentes básicos: os *bonds* estrangeiros e os *eurobonds*.

Os *Bonds* Estrangeiros (*foreign bonds*) são títulos de dívida de longo prazo emitidos em um único mercado nacional (*national bond Market*) em nome de um emissor (tomador) estrangeiro. Em geral, as emissões são subscritas por um grupo de bancos localizados no país de emissão e os títulos são denominados na moeda do país onde é feita a emissão.

Assim, uma empresa brasileira que emite títulos no mercado americano está sujeita às exigências legais e jurídicas dos EUA, a moeda de emissão é o dólar norte-americano e o título será negociado entre investidores americanos em bolsas locais.

Os *bonds* estrangeiros emitidos e negociados nos EUA são conhecidos como *Yanques Bonds*, no Japão *Samurai Bonds*; no Reino Unido (UK), *Bulldog Bonds*; na Holanda, *Rembrandt Bonds*, na Espanha *Matador Bonds* e em Portugal *Caravela Bonds*.

Os *Eurobonds* são os títulos de dívida denominados em uma moeda diferente daquela do país ou mercado em que são emitidos. As emissões são subscritas por um consorcio internacional de bancos e distribuídas internacionalmente em diversos países. Assim, uma empresa brasileira que emita títulos denominados em dólares americanos (*eurodólar bond*) na Europa e negociados em diversos países da Europa e da Ásia.

Segundo a Investopédia<sup>39</sup>, é um exemplo de *eurobond* um *eurodollar bond* que é denominado em dólares norte-americanos e emitido no Japão por uma empresa australiana que pode ainda emitir *eurobond* (em US dólares) em qualquer outro país diferente dos Estados Unidos. O banco de investimento Morgan Guaranty define os *eurobonds* como “um *bond* subscrito por um sindicato (grupo) internacional e vendido em países diferentes do país de origem da moeda em que o título é denominado”<sup>40</sup>.

A denominação “euro” não implica que os títulos sejam emitidos ou negociados apenas na Europa, mas também no mercado internacional ou “euromercado”. Muitos *eurobonds* são títulos ao portador e os juros são pagos sem retenção de impostos. Assim, a emissão não está sujeita às restrições e jurisdições de algum país específico.

Em geral, os *eurobonds* são custodiados nas clearings Cedel e Euroclear e, diferentemente dos *bonds* domésticos e dos *bonds* estrangeiros, não estão vinculados à jurisdição de nenhum país. Historicamente, grande parte dos *eurobonds* foi denominada em dólares norte-americanos. Porém, depois da criação da Comunidade Europeia e unificação das moedas no euro, cada vez mais as emissões são feitas em euros, conforme gráfico 1:

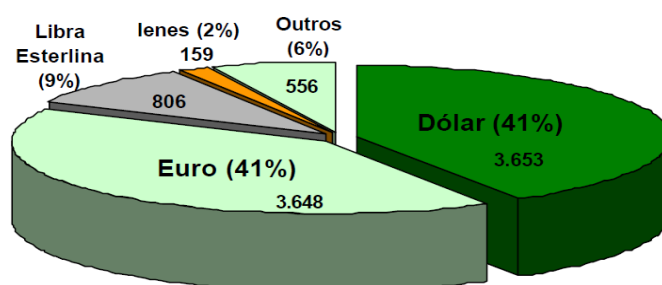


Gráfico 1: Eurobonds por moeda de denominação.

<sup>39</sup> Investopédia.com: site com informações sobre o mercado de capitais internacional. Disponível em: [http://www.investopedia.com/terms/e/eurobond.asp]. Acesso em fevereiro de 2006. Tradução e Adaptação livre.

<sup>40</sup> Tradução livre do autor.

A principal moeda de emissão de *eurobonds* é o dólar norte-americano, seguido pelo euro com quase o mesmo volume, pela a libra esterlina (GBP – British Pound), seguido pelo yene japonês (JPY). As demais moedas representam quase 6,3% do total de títulos.

Global *Bonds*, por sua vez, são títulos emitidos simultaneamente no mercado de *eurobonds* e em diversos outros mercados simultaneamente.

Diferentemente dos *eurobonds*, os *global bonds* podem ser emitidos na mesma moeda do país do emissor, por exemplo, um *global bond* pode ser emitido nos Estados Unidos e denominado em dólares norte-americanos. Os *global bonds* são frequentemente emitidos por entidades com alto *rating* de crédito.

Segundo Roberts (2000), a emissão de *global bonds* envolve consideráveis negociações e preparativos para superar obstáculos regulatórios e organizar efetivamente a comercialização; ainda assim, é atraente tanto para quem emite quanto para quem investe:

- Possibilita grande número de potenciais compradores permitindo levantar grandes montantes de capital a taxas bastante razoáveis;
- As grandes emissões, distribuídas de forma diversificada, têm alta liquidez no mercado secundário internacional;
- A difusão do reconhecimento do tomador aumenta sua facilidade de levantar fundos no futuro e
- Há um valor mútuo na criação de um parâmetro de avaliação global.

O Banco Mundial foi o primeiro a emitir de *Global bonds* no início dos anos 90. Além de ter posição privilegiada (AAA), as emissões estabeleceram pontos úteis de referência financeira internacional.

### 5.3

#### **Bonds, Notes, Commercial Papers e Consols**

Os títulos de dívida podem ser divididos em três categorias de acordo com seu prazo de vencimento, conforme observam Reilly e Brown (2003, p. 67)<sup>41</sup>:

1. Emissões de curto prazo com vencimentos de um ano ou menos. O mercado para esses títulos é frequentemente denominado mercado monetário (*Money Market*)
2. Emissões de médio prazo com vencimento acima de um ano, porém menor que dez anos. Esses instrumentos são chamados *notes*.
3. Emissões de longo prazo com vencimentos acima de dez anos são denominados *bonds*.

Assim, utiliza-se o termo *bond* para títulos com mais de 10 anos de vencimento, que normalmente envolvem volumes mais altos e taxas mais baixas. Os títulos com prazo menor que 10 anos são denominados *notes*.

Muitas obras acadêmicas não fazem distinção entre *bonds* e *notes*, pois, excluindo-se o prazo, as demais características são semelhantes. O mesmo ocorrerá nessa dissertação em alguns momentos será utilizado o termo *bond* ou *eurobond* de forma genérica para títulos com prazo de vencimento de mais de um ano.

O mercado de títulos de curtíssimo prazo (*Money Market* – menores que um ano) não será abordado, pois apresenta características de financiamento de capital de giro das empresas, sendo representados pelos *commercial papers* que possuem, em sua quase totalidade, remuneração por meio da venda do título com deságio sobre seu valor de face<sup>42</sup>.

Nem todos os títulos de dívida possuem prazo de vencimento final. Os títulos que não possuem prazo de maturidade definida, são conhecidos como **Consols** ou **Bons Perpétuos (perpetual bonds)**. De acordo com Ross, Westerfield e Jaffe (2002, p.100), “no século 18 (sic), o Banco da Inglaterra emitiu tais obrigações conhecidas como ‘consols ingleses’. Eram obrigações que, de acordo

---

<sup>41</sup> Tradução Livre.

<sup>42</sup> Para maior aprofundamento ver Lima, Lima e Pimentel (2006).

com a garantia do Banco da Inglaterra, dariam a seu portador um fluxo de caixa para sempre”. Mesmo depois de diversas guerras, depressões e crises ainda é possível comprar esses títulos em Londres.

No entanto, em geral, os *bonds perpétuos*, apesar de sua característica, possuem em suas escrituras de emissão cláusulas de resgates antecipados em épocas predefinidas. Um exemplo disso foi a emissão perpétua do Governo dos Estados Unidos para a construção do canal do Panamá, que já foi resgatada e hoje não pode mais ser encontrada para compra.

## 5.4

### Tipos de *bonds*

#### 5.4.1

##### Pela remuneração

Os *bonds* podem ser classificados de acordo com sua remuneração em: juros fixos (*fixed rate*), juros flutuantes (*floating rate*), sem pagamento de juros (*zero-coupon bond*), indexados à inflação (*inflation-indexed bond*) e de renda variável (*equity bond*).

Segundo Clarke (1993, p.205)<sup>43</sup>:

- **Fixed Rate** – um *eurobond* que possui taxa de juros fixa incorre em juros anualmente, sendo utilizados para o cálculo dos juros 12 meses de 30 dias cada e um ano de 360 dias;
- **Floating Rate** – um *eurobond* de taxa flutuante tem sua remuneração expressa em relação a uma taxa de juros referencial (taxa interbancária) acrescida, em geral, de um prêmio pelo risco. Os juros de um título com taxa flutuante são calculados com base no mercado monetário (p.ex. o número de dias transcorridos em um ano de 360 dias e a taxa corrente de mercado para cada um desses dias acumuladamente).

---

<sup>43</sup> Tradução e Adaptação livre.

- **Zero-Coupon Bond** – é um *eurobond* que não paga taxa de juros de cupom, emitido com um valor inferior ao seu valor de face, essa diferença é um deságio no valor do título.

Conforme Brigham, Gapenski e Ehrardt (2001, p. 288), os *floating rate bonds* podem ter taxas flutuantes, porém, não indexados a uma taxa de juros referencial; neste caso, é feito um ajuste de taxa de cupom ao valor de mercados de tempos em tempos. Por exemplo a cada 3 ou 6 meses. Os autores afirmam ainda que “o título com taxa flutuante é popular com investidores que se preocupam com o risco de aumento nas taxas de juros, uma vez que os pagamentos recebidos aumentam sempre que a taxa de juros do mercado aumenta”.

Os *floating rate bonds* pagam juros variáveis, em geral indexados a taxas de juros do mercado internacional, porém, existem títulos não indexados a essas taxas de juros mas a taxas de inflação e adicionados a uma taxa de juros fixos. Esses títulos são chamados de *inflation-indexed bonds* (ou *linkers*), que, segundo a enciclopédia Wikipedia<sup>44</sup>, são *bonds* com o principal indexado à inflação, eliminando o risco de inflação. O primeiro *inflation-indexed bond* foi emitido pela Massachusetts Bay Company, em 1780.

Esse tipo de *bond* indexado é muito utilizado em países com alta inflação, como ocorreu (e ocorre) no Brasil, ver o exemplo dos títulos do governo e debêntures, indexados ao IGPM ou IPCA mais uma taxa de juros fixa.

Existe também uma categoria de títulos bastante comum que é o original-issue discount *bond* (OID *bond*), uma forma modificada do zero-coupon *bond*. Nos OIDs, a taxa de cupom é menor que a taxa praticada pelo mercado e, para compensar essa diferença na taxa de mercado é concedido um deságio no valor de face do título. Assim, uma emissão pode ser feita com taxa de cupom igual a 5% enquanto que o mercado está exigindo taxa de 12% ao ano; nesse caso, o título será emitido com base em valor desagiado para que a taxa de juros até o vencimento (*yield to maturity* – *YTM*) seja de 12%.

Os *bonds* de renda variável (*equity bonds*) são títulos de natureza híbrida que podem ser emitidos por empresa e está baseado no pagamento (ou não) de juros mais baixos, garantindo ao investidor uma remuneração mínima, porém, a

<sup>44</sup> Tradução Livre. Enciclopédia disponível em <http://en.wikipedia.org/>, acesso em 27/05/2006.

empresa poderá pagar remuneração adicional de acordo com o resultado (lucro líquido) auferido em determinado período. Essas inovações do mercado buscam atender investidores de maior porte na formação das carteiras e investidores que não estão dispostos a assumir riscos elevados no mercado de ações, tendo o principal garantido e remunerado por uma taxa mínima.

Segundo Ross, Westerfield e Jaffe (2002, p. 472), “as obrigações de renda variável são semelhantes às obrigações convencionais, exceto pelo fato de que os pagamentos de juros dependem do lucro da empresa”. Os cupons são pagos aos obrigacionistas, quando o lucro das empresas é suficiente. Comentam Ross, Westerfield e Jaffe (2002, p. 472):

As obrigações de renda variável representam um enigma financeiro, pois, do ponto de vista da empresa, parece ser uma modalidade de obtenção de capital de terceiros mais barata do que as obrigações convencionais. As obrigações de renda variável oferecem a mesma vantagem fiscal às empresas, com deduções dos juros pagos, que é proporcionada pelas obrigações convencionais. Entretanto, uma empresa que emite obrigações de renda variável expõe-se menos à possibilidade de dificuldades financeiras. Quando um pagamento de juros é omitido por causa da insuficiência de lucro, não fica caracterizada condição de inadimplência.

Por que as empresas não emitem mais obrigações de renda variável? Duas explicações têm sido apresentadas:

1. A explicação “cheiro de morte”. As empresas que emitem obrigações de renda variável sinalizam aos mercados de capitais uma perspectiva mais forte de dificuldades financeiras.
2. A explicação “custo de peso morto”. O cálculo do lucro da empresa é fundamental na determinação do rendimento dos obrigacionistas; os acionistas e obrigacionistas não estarão necessariamente de acordo quanto a como calcular o lucro. Isto gera custos de agency associados aos métodos contábeis adotados pela empresa.

Embora essas sejam algumas possibilidades, o trabalho de McConnell e Schlarbaum (1986) indica que não há investidor em obrigações de renda variável.



### 5.4.2

#### Pelo Emissor

De acordo com as características do emissor e do contexto em que foram emitidos, os *bonds* podem ser classificados de diversas formas, algumas das quais serão abordadas a seguir.

### 5.4.3

#### ***Investment-Grade Bonds***

*Investment-Grade bonds* são títulos com excelente classificação de crédito por uma instituição de *rating*. De modo geral, trata-se de emissão de títulos por instituições (empresas, governos, estados, municípios, etc.) que têm pouco ou nenhum risco de não honrar seus compromissos de pagamento de fluxos de caixa. Como exemplo o Banco Mundial (World Bank), os governos dos países desenvolvidos, de modo geral e grandes companhias e instituições financeiras mundiais (City Group, General Eletric, entre outras).

### 5.4.4

#### ***High Yield Bonds***

*High Yield Bonds* (títulos com alto retorno), também conhecidos como ***Junk Bonds***<sup>45</sup>, são títulos com baixa classificação de crédito (*speculative grade*). Como os títulos possuem elevada classificação de risco, os investidores exigem um retorno bem acima do mercado para suportar esse risco adicional de *default* (falência) do emissor. Segundo Clarke (1993), o conceito de *high yield bond* foi primeiramente utilizado nos anos 60 no mercado doméstico norte-americano para emissores com baixa classificação de crédito e para um punhado de emissões da América Latina que se lançaram no mercado internacional.

Brigham, Gapenski e Ehrardt (2001, p.310) afirmam que as empresas emissoras de *junk bonds* têm probabilidade significativa de se tornarem insolventes.

---

<sup>45</sup> A palavra *junk*, em inglês, significa lixo, coisas velhas ou sem valor.

Antes dos anos 80, os investidores em renda fixa, tais como fundo de pensão e companhias de seguro, geralmente não estavam dispostos a comprar títulos de dívida arriscados [...] no final dos anos 70, Michael Milkem, da empresa de investimentos bancários Drexel Burnham Lambert, apoiando-se em estudos históricos que mostravam que os títulos de dívida arriscados tinham taxas de retorno mais do que suficiente para compensar o risco, começou a convencer os investidores institucionais sobre os méritos de adquirir títulos arriscados. Assim, nasceram os *junk bonds* [...]. [...] Em negócios com títulos de alto risco, o índice de endividamento em geral é extremamente alto; portanto, os detentores de títulos de dívida devem suportar tanto o risco quanto os acionistas normalmente o fazem. A taxa de retorno dos títulos de dívida reflete esse fato.

O crescimento fenomenal no mercado desses títulos foi impressionante porém controverso. Em 1989, a Drexel Burnham foi forçada à falência, e o “rei dos *junk bonds*”, Michael Milkem, que havia recebido \$ 500 milhões dois anos antes, foi preso. Esses eventos levaram ao colapso do mercado de títulos de dívida de alto risco no início dos anos 90. Desde então, entretanto, o mercado desses títulos reergueu-se, e as *junk bonds* estão aqui para ficar como uma importante fonte de financiamento das empresas.

Segundo Clarke (1993), a atração dos altos retornos incentivou grandes bancos de investimentos norte-americanos (notadamente o Drexel Burnham Lambert) a alocar grande quantia de recursos dos fundos de pensão, entidades de investimento e companhias seguradoras em títulos arriscados. Em 1989, o total de *junk bonds* no mercado doméstico norte-americano apontava para aproximadamente US\$ 200 bilhões, ou 38% de todos os títulos corporativos emitidos.

Por meio da diversificação de emissores, os investidores norte-americanos diluíam seus riscos, tornando possível compensar prejuízos em empresas individuais nos altos ganhos alcançados. No entanto, muitos investidores falharam em diversificar suas aplicações e enfrentaram grandes perdas de capital em alguns investimentos, principalmente com o colapso do mercado, em dezembro de 1990. Com isso, muitas empresas tiveram que trocar suas dívidas por parte de seu capital próprio, o que gerou uma série de aquisições hostis (*take overs*), motivo pelo qual o mercado deixou de crescer como em épocas anteriores.

O mercado de títulos de altos retornos foi introduzido no mercado de *eurobonds* de uma maneira distinta do mercado norte-americano de *junk bonds*. De acordo com Clarke (1993), os investidores no mercado de *eurobonds* buscam títulos com elevada liquidez e as tradicionalmente avessos a altos riscos, preferindo títulos com algum tipo de garantia ou de empresas com elevado conceito creditício.

A redução na demanda por *junk bonds* pode ser observadas nas decrescentes taxas de crescimento do mercado. Henry (2006), o mercado de *junk bonds* vem perdendo espaço para o mercado de empréstimos alavancados:

Houve uma época em que o mercado de *junk bonds* (títulos de alto rendimento e risco) era uma força vital de caixa para uma companhia produtora de papel com alta necessidade de capital de giro, que estivesse precisando tomar empréstados bilhões de dólares. Hoje não. Em 27 de janeiro a Georgia-Pacific captou US\$ 11 bilhões sem ajuda nenhuma do mercado de *junk bonds*. Ela conseguiu esse dinheiro com os chamados empréstimos alavancados, que são créditos garantidos pelos ativos da companhia, mas classificados como especulativos.

Os investidores deixam de aplicar em *junk bonds*, pois são atraídos pelas taxas flutuantes com expectativa de elevação dos juros de longo prazo. Na eventualidade de falência, os detentores de empréstimos têm poder maior de reivindicação dos ativos garantidores do que os investidores de *bonds*.

#### 5.4.5

##### **Corporate Bonds**

*Corporate Bonds* são títulos, como o próprio nome sugere, emitidos por empresas (corporações) abertas ou fechadas, em múltiplos de \$ 1.000, utilizando os fundos obtidos pela emissão de *bonds* para diversos propósitos, desde construção de plantas fabris até compra de equipamentos para a expansão dos negócios.

Quando adquire um *bond* o investidor está, na realidade, emprestando dinheiro a uma empresa emitente mediante o recebimento da remuneração pelo capital emprestado. A empresa promete retornar ao investidor o capital emprestado em uma data pré-definida, mais uma remuneração por esse capital, em

geral, paga em parcelas periódicas (mensal, trimestral, semestral, anual) durante o período do “empréstimo” (emissão) até a quitação do título (data de vencimento). Ao contrário das ações, os *corporate bonds* não dão direito de propriedade da empresa que emitiu o título, a não ser que exista cláusula de conversibilidade dos títulos de dívidas em ações.

Depois dos títulos emitidos por governos, os *corporate bonds* representam o maior segmento de mercado de títulos de dívida, chegando a 30% dos títulos emitidos no mercado internacional, de acordo com a Merrill Lynch (2006). O mercado de títulos corporativos é um dos que cresce mais rapidamente no mercado de *bonds*, especialmente na Europa. Do final do ano 2000 ao final do ano 2003, o grande volume de mercado de *bonds* emitidos por empresas não financeiras na Europa cresceu cerca de 60%, e, em dezembro de 2005, os títulos corporativos emitidos por entidades não-financeiras europeias ficou em cerca de 28% do total de títulos de dívida emitidos, de acordo com o Banco Central Europeu (*European Central Bank*, 2006).

No Brasil, os *corporate bonds*, negociados no mercado interno (doméstico), recebem o nome de debêntures e são negociados pelo público em geral na Bovespafix ou no Sistema Nacional de Debêntures (SND) para investidores institucionais (qualificados). Já os títulos negociados no mercado internacional recebem o nome de *eurobonds*.

#### 5.4.6

##### ***Sovereign Bonds***

*Sovereign Bonds* (ou *Bons Soberanos*) são títulos de dívida emitidos por um governo nacional, denominados em uma moeda estrangeira, negociados em dependências externas ao país e, em geral, compõem a dívida externa de um país. Caso os títulos sejam emitidos na moeda do País (e em sua jurisprudência), são denominados *government bonds*.

Nas nações com inflação muito elevada ou imprevisível ou com paridades cambiais instáveis é economicamente desaconselhável emitir títulos de dívida em seu mercado doméstico (local), sendo obrigadas a emitir títulos no mercado externo em uma moeda mais estável. Isso pode levar a problemas, caso a nação não consiga recursos para refinaranciar ou quitar sua dívida no momento dos

pagamentos contratados na escritura da emissão. Diante desse risco de não-pagamento (moratória), os investidores geralmente requerem maiores retornos desses países. Os altos custos fazem com que a manutenção da dívida seja mais difícil, o que gera riscos crescentes. Porém, diferentemente de uma empresa, um país não pode simplesmente decretar concordata ou insolvência. Nas raras situações em que ocorreram *defaults* de governos, os devedores buscaram negociar com seus credores para repactuar e reestruturar suas dívidas, como ocorre no mercado corporativo. Caso recente são os títulos emitidos em dólares no Peru (1996) e na Argentina (2001).

Conforme o site financeiro Bastter.com (2006), a década de 80 foi muito problemática para a maioria dos países emergentes com uma série de moratórias referentes às dívidas externas, inclusive duas no Brasil. Na época a maior parte da dívida desses países havia sido contraída com bancos privados norte-americanos. Como a falta de pagamento já se arrastava há algum tempo, esses bancos teriam que lançar os valores dessas dívidas como prejuízo nos seus balanços. Isso traria uma crise de grandes consequências para a economia norte-americana, já que os preços das ações dos bancos iriam despencar e com isso o valor dos fundos de pensão e de outros haveres da sociedade, havendo a possibilidade de ingresso num período recessivo. Com isso, os países tiveram que renegociar suas dívidas em condições que atendessem tanto aos objetivos das nações devedoras quanto aos investidores. Foi nesse período conturbado no mercado financeiro internacional que surgiram os ***Brady Bonds***.

#### 5.4.7

##### ***Brady Bonds***

***Brady Bonds***, ou simplesmente *Bradys*, são títulos emitidos por governos de países em desenvolvimento (emergentes) e negociados no mercado internacional. A primeira emissão de *Brady Bonds* foi feita pelo México, em 1990, que trocou US\$ 48.1 bilhões em dívidas de empréstimos por títulos negociáveis.

Diversos outros países (da Ásia, África, América Latina e Leste Europeu) refinanciaram suas dívidas externas com a emissão de *Bradys* no mercado internacional. Segundo o *Emerging Market Trader's Association*, já em 1995 o

mercado secundário de *Bradys* alcançou cerca de US\$ 1,6 trilhão, representando 57% do total de produtos financeiros negociados nos mercados emergentes.

Em geral, os títulos são de longo prazo e os principais emissores são Brasil, México e Argentina que, em 2002, detinham juntos cerca de 2/3 do volume total emitido. O mercado de *Bradys* se tornou o maior e o mais líquido mercado emergente de *bonds*.

A denominação *Brady Bond* é derivada da intervenção do secretário do Tesouro norte-americano, Nicolas Brady, no processo de renegociação das dívidas de empréstimos bancários dos países emergentes por títulos negociáveis. Os *Bradys* variam de acordo com o prazo de emissão, forma de remuneração, garantias e cláusulas de contrato:

- *Par Bonds*
- *Discont Bonds*
- *Debt Conversion Bonds (DC – Bond ou DCB)*
- *Elegible Interest Bond (EI – Bond)*
- *FrontLoaded Interest Reduction Bonds*
- *Capitalization Bond (C-Bond)*

No Brasil, a renegociação da dívida ocorreu em 1994 e o principal título emitido foi o *C-Bond*, que durante vários anos foi o principal título da dívida externa brasileira, com maior negociação e maior liquidez entre todos os títulos de países emergentes.

Em 15 de abril de 1994 foram emitidos US\$ 7,4 bilhões de *C-Bonds*, que têm a capitalização de juros (o C é de “*capitalization*”). Vários outros *Bradys* brasileiros tiveram emissão maior, como o *Par Bond*, do qual foram lançados US\$ 10,5 bilhões na mesma data do *C-Bond*, porém nenhum atraiu tanto os investidores como o *C-Bond*. Logo depois de lançado, o *C-Bond* ganhou crescente importância, desbancando outro título até então mais negociado dos mercados emergentes, o argentino FRB. A reestruturação da dívida argentina nos moldes do Plano *Brady* foi anterior à brasileira: 1991.

## 5.5

### A Troca dos *Brady Bonds* brasileiros e o Global 40

Em 2004, pela primeira vez desde a reestruturação da dívida externa em 1994, o *C-Bond* deixou de ser o título mais negociado dos mercados emergentes, perdendo espaço para o também brasileiro Global 40 que assumiu o seu lugar e agora é o novo título de referência para o mercado, com maior liquidez e volume de negócios.

Segundo a *Emerging Market Trader's Association* (EMTA, 2006), em 2004, o Global 40 movimentou US\$ 292,6 bilhões, passando o *C-Bond*, que girou US\$ 222,3 bilhões. Em 2003, o primeiro colocado havia sido o *C-Bond*, com US\$ 286,8 bilhões, seguido do Rússia 30, com US\$ 149,0 bilhões. O Global 40 estava em terceiro lugar com US\$ 83,5 bilhões.

Com o objetivo de reduzir a importância dos *Bradys* brasileiros (que carrega consigo o estigma da moratória) nos mercados emergentes o Banco Central, sob o comando de Armínio Fraga e com Daniel Gleizer na área externa, lançou o Global 40. Em agosto de 2000 foram emitidos US\$ 5,16 bilhões desse papel e parte da emissão foi paga com *Bradys* e pré-*Bradys*, inclusive o *C-Bond*.

Os Globals são títulos denominados em dólares e negociados globalmente. Pagam, via de regra, taxas de juros fixas e alguns títulos foram emitidos em operações voluntárias de troca, isto é, subscritos com títulos *Bradys*. A alta dos preços dos papéis da dívida externa brasileira e o fortalecimento das reservas internacionais foram as principais razões para o desinteresse crescente no *C-Bond* e para a migração de recursos para o Global 40.

Não só os *C-Bonds*, mas todos os *Bradys* podem ser recomprados pelo Governo em datas pré-definidas (cláusulas *call*). Para exercer esse direito, porém, o Governo deve emitir comunicado entre 30 e 60 dias antes de pagamento dos juros.

Com a valorização dos papéis brasileiros, em 2004, o *C-Bond* passou pela primeira vez 100% de seu valor de face no mercado secundário, tornando a opção de recompra antecipada interessante para o Tesouro. O mais recente fortalecimento das reservas tem tornado a opção de recompra do *C-Bond* viável: o governo tem dinheiro suficiente para comprar o título e cada vez mais participantes do mercado acreditam que a opção será exercida.

## 5.6

### A Importância dos Títulos emitidos pelo Governo

A importância das emissões de *bonds* emitidos pelo Governo não se limita à entrada de recursos na economia nacional para financiamento dos gastos públicos mas também porque têm papel relevante na determinação do risco país (ou risco Brasil).

O risco país, em linhas gerais, é determinado pela diferença entre o retorno exigido do título de emissão do Governo Brasileiro e o título emitido pelo Governo dos EUA (que é considerado virtualmente livre de risco). Essa diferença entre os retornos pagos pelos dois títulos é denominada *spread* e representa o retorno adicional exigido pelos investidores ao assumirem riscos maiores.

O *spread* é calculado em pontos-base, cada ponto-base representa 0,01% de retorno adicional. Por exemplo, em janeiro de 2006, o risco Brasil estava em 262 pontos-base, o que significa que o *spread* pago pelos títulos brasileiros é de 2,62% acima dos títulos do Tesouro norte-americano.

O risco Brasil não tem sua importância limitada aos títulos do Governo, pois também serve de referência para o cálculo da remuneração de títulos de empresas. O risco Brasil, também chamado de risco soberano, na teoria deveria ser o menor risco percebido por investidores naquele país, ou seja, nenhuma empresa brasileira poderia ter risco menor que o risco do país. Porém isso nem sempre ocorre. Existem empresas com atividades tão globalizadas e fluxos de caixa baseados em créditos de primeira linha que os investidores percebem menores riscos que o próprio país. Além disso, outros fatores fazem com que as taxas de juros de uma emissão privada seja menor que uma emissão soberana, como cláusulas contratuais específicas da operação, cláusulas de venda antecipada, resgate antecipado, conversão em ações, warrants, subordinação da dívida, etc.



## 5.7

### Fundamento das operações com *Bonds* (cupom, vencimento, valor de face, etc)

#### 5.7.1

##### Taxa de juros do Cupom

**Taxa de juros do Cupom** – (*cupom income* ou *nominal yield*) é a taxa de juros utilizada como base para o cálculo do pagamento de juros do cupom. Segundo Reilly e Brown (2003), o cupom de um *bond* indica o retorno que um investidor receberá durante a vida de um título. Essa taxa pode ser fixa (*fixed rate*) ou flutuante (*floating rate*). Existem ainda títulos com cupom zero, negociados com deságio sob o valor nominal. Também são emitidos títulos em que a taxa de cupom não é suficiente para remuneração do título com base em seu valor nominal, formando um instrumento híbrido que possui taxa de cupom e deságio de seu valor de face, denominados *OID bonds* (*original-issue discounted bonds*).

#### 5.7.2

##### Valor Nominal, Valor de Face ou Valor ao Par

Valor nominal, valor de face ou valor ao par – (*principal* ou *par value*) é o valor de face do título que em geral assume valores de \$ 1.000 ou múltiplos desse valor, representando o valor original da obrigação. De acordo com Reilly e Brown (2003), o valor de mercado das emissões situa-se acima ou abaixo do valor nominal porque sempre existem diferenças entre as taxas de juros do mercado e a taxa de cupom, prevalecendo a taxa de mercado na valoração dos títulos. Se a taxa de mercado for maior que a taxa de cupom, o título será negociado com deságio sobre valor nominal (*discount to par*). Porém, se a taxa de mercado estiver abaixo da taxa de cupom, o título será vendido por um valor maior, ágio, sobre seu valor de face (*premium above par*). Quanto mais próximas forem as taxas de cupom e as de mercado, mais próximo o valor de mercado do valor de face.

### 5.7.3

#### Data de Vencimento

Conhecido como *maturity date*, é a data ou número de anos em que um *bond* vence, ou seja, ocorre o pagamento do principal ao investidor. Existem basicamente dois tipos de vencimentos: o mais comum é o *term bond* que possui uma única data de vencimento final. Alternativamente, existe o serial *obligation bond* que tem uma série de vencimentos parciais (ou amortizações), podendo chegar a 20 ou 25 datas diferentes, com amortizações anuais, semestrais, mensais, etc.

Um título é considerado *term bond*, caso uma emissão tenha sido feita em 2 de janeiro de 2000 com prazo de vencimento de 10 anos e, conseqüentemente, terá sua data de vencimento em 1º de janeiro de 2010. Assim, esses títulos em 2001, após um ano de emissão (ano 1), terão vencimento de 14 anos e assim por diante.

Recentemente vêm se tornando comuns emissões de *eurobonds* perpétuos (consols), ou seja, sem data de vencimento estabelecida. No Brasil os primeiros *eurobonds* com perpetuidade foram emitidos em 2005 principalmente por instituições financeiras.

### 5.7.4

#### Cláusulas contratuais

É comum uma emissão de *bonds* incluir um dispositivo na escritura da emissão que dê ao detentor do *Bond* e/ou ao seu emitente uma ação de tomar alguma ação contra a outra parte. Os tipos mais comuns de opções embutidas num *bond* são:

**1 – Call provision** – (opção de compra ou resgate) – Este dispositivo dá ao emitente o direito de quitar a dívida, total ou parcialmente, antes da data de vencimento prevista, o que beneficia os emitentes de *bonds*, ao permitir que substituam uma emissão antiga de *bond* por outra emissão de custo de juros mais baixo, caso as taxas de juros de mercado caiam. Assim, tal opção permite que o emitente altere o vencimento de um *bond*.

**2 – Put Provision** – (opção de venda) – Este dispositivo permite ao detentor do *bond* mudar o vencimento do título e vender a emissão de volta ao emitente pelo valor ao par em datas predeterminadas. A vantagem para o investidor é que, se as taxas de juros subirem após a data de emissão, reduzindo o preço do *bond*, o investidor pode forçar o emitente a resgatar o título pelo valor ao par.

**3 – Cláusula Bullet** – Com tal dispositivo fica acordado entre as partes a não amortização periódica do principal, ou seja, há um único pagamento total na data do vencimento do título.

**4 – Exchangeable Option** – (*bonds* conversíveis) – Um *bond* conversível é uma emissão que dá ao detentor do título o direito de trocá-lo por um número especificado de ações ordinárias ou preferenciais o que permite que o detentor do título se beneficie de movimentações favoráveis do preço das ações do emitente.

**5 – Opção para proteção cambial** - (*bonds* de dupla moeda) – Algumas emissões no mercado internacional dão ao investidor o direito de escolher a moeda pela qual o fluxo de caixa será pago. Esta opção dá, além do direito de escolher a moeda, a oportunidade de se beneficiar de um movimento cambial favorável, ou, ainda, proteção contra variações cambiais desfavoráveis.

**6 – Bonds com Warrants** – São títulos semelhantes aos títulos conversíveis, pois são emitidos com *warrants* anexados. *Warrants* são opções que permitem ao detentor comprar outros títulos por determinado preço oferecendo ganho de capital caso o preço do título suba. Em geral, os *bonds* emitidos com *warrants* possuem taxas de cupom mais baixas devido ao direito dado ao investidor para entrar em outra transação financeira com o emitente. A maioria dos *warrants* é destacável do *bond* ao qual está anexada, ou seja, o detentor pode destacar o *warrant* e vendê-lo.

## 5.8

### Riscos nas operações com *Bonds*

#### 5.8.1

##### Risco de Taxa de Juros

O preço de um *Bond* típico muda em sentido oposto ao de uma mudança na taxa de juros. Se um investidor precisar vender um título antes da data de vencimento, um aumento nas taxas de juros significará a realização de uma perda de capital (ou seja, a venda do *bond* por preço inferior ao de compra). Esse risco é conhecido como risco da taxa de juros ou ainda risco de mercado e é, de longe, o principal risco enfrentado por um investidor no mercado de títulos de renda fixa.

#### 5.8.2

##### Risco de Reinvestimento

Esse risco, ao contrário do risco da taxa de juros está em as taxas de juros praticadas pelo mercado subirem durante a vida do título. Se as taxas de juros caírem provavelmente haverá redução na renda dos investidores no curto prazo. Por exemplo, uma pessoa que viva de renda compra um título de 2 anos de vencimento, com taxa de cupom de 10%. Ao final do segundo ano (no vencimento do título), a taxa de juros de mercado seria de 5%. A pessoa que antes ganhava \$ 100 terá que reinvestir à taxa de mercado e passará a ganhar apenas \$ 50, o que reduz sua renda.

#### 5.8.3

##### Risco de reinvestimento x Risco de mercado

Se um investidor tivesse comprado um título de 20 anos, teria um rendimento muito acima do mercado durante 18 anos. Porém se ele tivesse comprado um título de longo prazo, a possibilidade de a taxa de juros voltar aos padrões e superar 10% seria maior, devido à dificuldade de prever um futuro mais longínquo.

Dessa forma verifica-se um dilema entre investimentos de curto prazo mais sensíveis ao risco de reinvestimento e investimentos de longo prazo mais sensíveis ao risco de mercado (de taxa de juros) o que é balanceado por investidores qualificados na composição de carteiras no intuito de imunizar o efeito de um risco com o outro.

Outros riscos presentes nas operações com *bonds* são:

#### 5.8.4

##### **Risco de Resgate Antecipado**

Impossibilita o investidor de saber o efetivo rendimento, se manter o título até o vencimento, já que isso poderá não ocorrer caso o emissor decida resgatar antecipadamente o título (o que geralmente ocorre caso a taxa de juros de mercado fique muito abaixo da taxa de cupom do título).

#### 5.8.5

##### **Risco de Inadimplência**

Também conhecido como risco de crédito, é o risco do emitente de um *bonds* vir a inadimplir, ou seja, não pagar alguma das partes do fluxo de caixa previsto no momento da emissão. Para mensurar esse risco, empresas especializadas são contratadas para avaliar, por meio de *rating*, as emissões e os emissores de títulos. O risco de inadimplência está estreitamente ligado ao grau de alavancagem da empresa em relação ao capital de terceiros, também está ligado a eventuais descasamentos de prazos entre pagamentos e recebimentos de uma empresa que emite títulos e às incertezas de um negócio. O risco de inadimplência pode, portanto, ser interpretado como uma junção entre o risco do negócio (*business risk*) e o risco financeiro (*financial risk*).

Conforme Reilly e Brown (2003), risco do negócio é a incerteza sobre o fluxo de receitas causado pela natureza do negócio de uma firma. Já o risco financeiro é a incerteza introduzida pelo método pelo qual uma empresa financia seus investimentos em ativos. Se uma empresa utiliza apenas capital próprio para financiar suas atividades, está exposta apenas ao risco do negócio; se capta

recursos de terceiros, deve pagar juros e o principal em data pré-determinada, o que pressupõe disponibilidade de caixa para pagamento; caso essa disponibilidade não exista, a empresa poderá ser protestada.

### 5.8.6

#### **Risco de Inflação**

Surge devido à variação dos fluxos de caixa de um título pela redução no poder de compra de uma moeda. Por exemplo, um investidor com um título de taxa de cupom de 8% e a inflação de 9%, o investidor tem um retorno nominal, mas economicamente tem um prejuízo devido à oscilação no poder aquisitivo da moeda.

### 5.8.7

#### **Risco Cambial**

Conforme Reilly e Brown (2003), “é a incerteza do retorno de um investidor que adquire títulos denominados em uma moeda diferente da moeda de seu país de domicílio”. Os *eurobonds*, por exemplo, são emitidos em uma determinada moeda, normalmente o dólar norte-americano e o euro; porém, o investidor não residente nos EUA ou na Europa estará exposto às variações da moeda de seu país frente ao dólar. Esse risco pode ser minimizado em algumas emissões que contenham cláusulas para pagamentos dos juros em moedas diferentes da moeda do principal, no entanto, é da natureza das operações internacionais estarem sujeitas ao risco cambial.

### 5.8.8

#### **Risco de Liquidez**

É o risco de que um título ou uma emissão não seja facilmente negociado entre os investidores, seria como ter um título e no momento em que o investidor necessite da transformação do direito em uma disponibilidade, encontraria dificuldades em fazê-lo. Para Reilly e Brown (2003), o risco de liquidez é a incerteza introduzida pelo mercado secundário dos títulos. Quando um investidor

adquire um título, está interessado em que o título vença em determinada data ou que seja vendido para outro investidor. Em qualquer um desses casos o investidor espera que o título seja convertido em dinheiro para que possa consumir esse recurso ou investir em outros ativos. É exatamente na dificuldade de conversão dos títulos em dinheiro que reside o risco de liquidez.

### **5.8.9**

#### **Risco de Volatilidade**

É o risco de perda do valor do título (perda de capital) derivada da percepção dos analistas em relação às dúvidas quanto à efetivação de fluxos de caixa. Deriva da expectativa ou “humor” dos agentes do mercado em relação à economia em geral e ao desempenho do emissor.

### **5.8.10**

#### **Risco de Risco**

Risco de risco (ou risco indeterminado) é o desconhecimento do risco real de um título, que não pode ser previsto ou facilmente identificado por um gestor de carteira, como uma calamidade, atentado, etc. Ou seja, é um risco que todos desconhecem até ocorrer algo que traga à tona tal risco. Um exemplo bastante recente comentado foi o atentado às Torres Gêmeas em 11 de setembro de 2001, em que as bolsas ao redor do mundo tiveram grandes perdas, e houve impacto principalmente em empresas aéreas que possuíam ligação direta com suprimentos de peças direcionadas à indústria aeronáutica. O Risco Brasil, por exemplo, subiu 12,3% dois dias após o atentado.

## **5.9**

### **A Estrutura a termo da taxa de juros**

Para Resti e Sironi (2009), a estrutura a termo das taxas de juros é geralmente representada por meio de uma curva (curva de rendimento) que indica as taxas de mercado para diferentes vencimentos. Ela é baseada normalmente nas taxas pagas dos títulos do Tesouro, em que o risco de inadimplência pode ser

considerado negligenciável (especialmente se o emitente for uma nação soberana pertencente ao G-10 e com um alto *rating* de crédito); diferentes taxas (como aquelas em depósitos interbancários, até um ano, e swaps de taxas de juros, para vencimentos mais longos) também podem ser utilizados. No entanto, as taxas devem se referir a títulos homogêneos em todas as suas características principais (tais como risco de inadimplência, o tamanho de quaisquer cupons etc.), exceto em seus tempos para o vencimento. Quando baseada em títulos de cupom zero, a curva de rendimento é normalmente denominada de curva de cupons zero (*zero coupon yield curve*).

A curva de rendimentos pode assumir diversas formas: ela pode ter uma inclinação ascendente (se as taxas de curto prazo forem menores do que as de longo); pode ter uma inclinação descendente, além de um formato plano (flat), ou do tipo “côncava”, quando as taxas primeiramente aumentam (diminuem) e, em seguida, diminuem (aumentam), e à medida que os vencimentos se tornam mais longos.

Quatro teorias importantes tentam explicar o formato da curva de rendimentos:

1. Teoria das expectativas, originalmente devida a Fischer (1995), que remonta a 1930;
2. Teoria da preferência pela liquidez, proposta por Hicks (1946);
3. Teoria do habitat preferido, devido a Modigliani e Sutch (1966);
4. Teoria da segmentação de mercados.

De modo geral, todas essas teorias reconhecem o papel das expectativas de mercado na formação de taxas futuras e, portanto, a inclinação da curva de rendimentos. Elas diferem no ponto em que podem ou não atribuir um papel a outros fatores, tais como prêmios de liquidez, fatores institucionais que evitam o fluxo de caixa livre de fundos pelos vencimentos etc.

### 5.9.1

#### A Teoria das Expectativas Imparciais

Com base na teoria das expectativas, o formato da curva de rendimentos depende somente do nível futuro das taxas de curto prazo. De acordo com essa teoria, as taxas de longo prazo são simplesmente o produto das taxas atuais de



curto prazo previstas no futuro. Assim se, por exemplo, a taxa de um ano for inferior à taxa de dois anos, isso é devido ao fato de que o mercado espera que as taxas de um ano aumentem no futuro.

De acordo com a teoria das expectativas, uma curva de rendimentos de inclinação ascendente denota expectativas de um aumento nas taxas de juros de curto prazo. O oposto é verdadeiro quando a curva tem uma inclinação descendente.

A teoria das expectativas é baseada numa hipótese muito rigorosa: que os investidores são neutros em relação ao risco e decidem como investir baseado em suas expectativas. Para apreciar as implicações dessa hipótese, considere a taxa à vista justa de anos encontrada no exemplo anterior (3,25%, depois de uma taxa corrente de um ano de 3% e uma taxa prevista de um ano, após um ano, de 3,5%). Agora, suponha que a taxa corrente de dois anos seja 3,2%, ou seja, menor do que seu valor de equilíbrio. Para obter a taxa mais alta (3,25%), um investidor racional investiria durante o primeiro ano na de 3%, então “rolaria” seu investimento a uma taxa que, com base em suas expectativas, seria de 3,5%. No entanto, essa estratégia não está livre de riscos, visto que a taxa para o segundo ano (3,5%) não é certa, mas somente representa uma expectativa; ela pode passar a vir a ser menor do que o previsto, impedindo o retorno médio para a estratégia de dois anos bem abaixo dos 3,25% previstos. Portanto, um investidor avesso a riscos poderia abandonar essa estratégia e aceitar um investimento de dois anos livre de riscos que oferecesse 3,2%.

Neste caso, as taxas de longo prazo iriam diferir dos valores do equilíbrio ditados pelas expectativas do mercado.

### 5.9.2

#### A Teoria da Preferência pela Liquidez

Evidências empíricas mostram que a curva de rendimentos geralmente tem uma inclinação positiva. Se as expectativas de mercado forem o único fator da curva, isso implicaria que sempre se espera um aumento nas taxas de juros de curto prazo. Portanto, deve haver o envolvimento de algum fator, além das expectativas de mercado, para explicar essa inclinação ascendente.

A teoria da preferência pela liquidez aponta que os investidores tendem

preferir investimentos que, com todos outros elementos mantidos iguais, tenham um vencimento mais curto e, portanto, sejam mais líquidos. Isso se deve principalmente ao fato de que, quando subscrevem um investimento de longo prazo, os investidores comprometem seu dinheiro em um horizonte de tempo mais longo e “bloqueiam” uma taxa de retorno que não pode ser subsequentemente modificada. Portanto, os investidores estão dispostos a investir em instrumentos com vencimentos mais longos somente se eles obtêm compensação graças a retornos mais altos.

Devido a esses prêmios de liquidez, a curva pode ter uma inclinação ascendente mesmo se as expectativas sobre as taxas de juros futuras de curto prazo forem estáveis.

### 5.9.3

#### A Teoria dos Habitats Preferidos

A teoria dos habitats preferidos assume que diferentes classes de investidores são caracterizadas por diferentes horizontes de investimentos. Consequentemente, famílias e indivíduos tendem a preferir vencimentos curtos, enquanto investidores institucionais, como empresas de seguros que financiam apólices de seguro de vida e fundos de pensão, têm de ter horizontes de investimentos mais longos.

Assim, existem diversos grupos ou habitats de investimentos, onde podem ser encontrados vários tipos de investidores. Os investidores relutam perseguir estratégias de arbitragem que envolveria deixar seus habitats preferidos e tendem a proceder dessa forma somente se os ganhos implicados por tais estratégias forem suficientemente volumosos para compensá-los.

Embora, a teoria da preferência pela liquidez dite que as taxas aumentam com os vencimentos, a hipótese dessa teoria pode também ser compatível com um mercado em que as taxas de longo prazo forem menores. Isso simplesmente implicaria que, devido às condições de oferta de demanda, os emitentes de títulos de curto prazo têm de oferecer um prêmio para atrair investidores com mentalidade de longo prazo para fora de seus habitats preferidos, e tal prêmio será maior de que qualquer prêmio de liquidez associado com vencimentos mais longos.

#### 5.9.4

#### **Hipótese de Segmentação de Mercado**

Essa é a única abordagem que não inclui expectativas sobre futuras taxas como um fator de curva de rendimentos. De fato, esta teoria estabelece que os grupos de vencimentos representem mercados separados, em que as taxas de retorno são determinadas independentemente, baseadas nas condições de oferta e demanda, bem como em algumas variáveis macroeconômicas. A saber, embora as variáveis monetárias tendam a afetar taxas nos vencimentos de curto prazo, as taxas de longo prazo são essencialmente influenciadas pelo estado da economia real. Similarmente à teoria dos habitats preferidos, a hipótese de mercados segmentados reconhece o fato de que vários tipos de investidores operam em vários segmentos de vencimentos.

## 6

### A Capitalização da Petrobras

O processo de capitalização da Petrobras teve como objetivo vender novas ações no mercado da companhia, e assim pode arrecadar os recursos financeiros dos quais precisava na época para ampliar seus investimentos, sobretudo em função da exploração do pré-sal. O preço do barril, definido em última instância pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, era considerado um dos pontos mais polêmicos das negociações que antecedem a capitalização. O governo federal, dono dos cinco bilhões de barris que serão cedidos à Petrobras, chegou a defender um preço de US\$ 10 por barril. Já a Petrobras e os acionistas majoritários pressionaram por um valor menor, em torno de US\$ 5 ou US\$ 6. O valor definido pelo governo, de US\$ 8,51, está praticamente na média desse intervalo. Resta agora esperar para ver se os acionistas majoritários terão interesse em participar da capitalização, programada para o dia 30 de setembro.

#### 6.1

##### Capitalização

A capitalização (ou aumento de capital) é um processo comum entre as companhias de capital aberto que por algum motivo precisam de mais recursos. Uma alternativa à capitalização, por exemplo, seria o endividamento junto ao sistema bancário. Em alguns casos, no entanto, a empresa pode não achar conveniente aumentar seu nível de dívida. No caso da capitalização, a empresa coloca novas ações à venda no mercado. O capital arrecadado com a venda desses papéis dá fôlego para novos investimentos.

Segundo o diretor da Faculdade de Administração da Faap, Tharcisio Santos, em geral a capitalização ocorre em um ambiente “favorável” aos negócios daquela companhia. “Quando a empresa tem um projeto muito bom, com potencial de retorno elevado, a chance de arrecadar mais dinheiro na capitalização

é maior”, diz

## 6.2

### A capitalização da Petrobras

Uma das cinco maiores companhias petrolíferas de capital aberto do mundo, a Petrobras sempre teve projetos de investimentos significativos. Esses planos ganharam ainda mais força com a descoberta do pré-sal.

A necessidade de investimentos até 2014 é de US\$ 220 bilhões, de acordo com estimativas da própria companhia. Ao mesmo tempo, a empresa brasileira – que já vinha acelerando seus investimentos – está tendo de lidar com uma forte dívida, que

chegou a R\$ 118,4 bilhões em junho. O valor equivale a 34% do patrimônio, o que está muito próximo do teto estipulado pela empresa, que é de 35%.

Sem poder se endividar mais, a empresa optou pela capitalização. A previsão é de que, com a operação, a petrolífera brasileira possa arrecadar até R\$ 130 bilhões. O resto do dinheiro poderia vir de empréstimos, se a empresa diminuir seu nível de endividamento. Outra possibilidade é a Petrobrás voltar a capitalizar-se.

## 6.3

### A cessão onerosa

Como principal acionista da Petrobras, governo federal teria de desembolsar uma grande quantia de dinheiro para participar do aumento de capital da empresa, na proporção de sua participação acionária.

Em vez de lançar mão desse montante, o que seria inviável do ponto de vista fiscal, governo decidiu usar outro tipo de moeda: o petróleo da camada pré-sal, que pertence à União e ainda não explorado. A ideia é que o governo ceda cinco bilhões de barris de petróleo à Petrobras, que em troca entregará ao governo títulos da dívida pública, por sua vez recebidos da União durante o processo de capitalização.

O resultado dessa operação é que o governo poderá manter (ou até ampliar) sua participação no capital da Petrobras sem gastar dinheiro ou títulos públicos.

## 6.4

### **As fases da capitalização?**

Diante da emissão de novas ações da Petrobras, tanto o governo como os acionistas minoritários poderão adquirir os papéis. Em tese, todos poderão manter a participação que têm hoje na companhia.

Os novos papéis serão oferecidos primeiro aos acionistas minoritários. Se eles adquirirem toda a parte colocada a sua disposição, estarão mantendo sua participação na Petrobras. Os minoritários, no entanto, podem decidir não comprar todas as ações – por exemplo, se considerarem o preço alto demais.

Nesse caso, o restante das ações poderá ser adquirido pela União, que na prática estará ampliando sua fatia na empresa. Para isso acontecer, porém, o governo terá de encontrar outras fontes para arcar com esse custo.

Atualmente, o governo tem 32% do capital da Petrobras e 55,6% das ações ordinárias (com direito a voto).

## 6.5

### **A importância do preço do barril**

Nesta quarta-feira, o governo anunciou que o barril de petróleo que será cedido à Petrobras vale US\$ 8,51. O valor foi definido pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, após uma série de discussões com ministros e com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), que apresentaram levantamentos de auditorias independentes.

Esse preço servirá de base para toda a operação, tendo impacto direto no valor das novas ações que serão colocadas no mercado. Enquanto a Petrobras e os minoritários torciam por um preço mais baixo, para o governo federal, dono dos barris de petróleo, um preço mais alto seria o ideal.

O governo federal, dono dos cinco bilhões de barris que serão cedidos à Petrobras, chegou a defender um preço de US\$ 10 por barril. Já a Petrobras e os

acionistas majoritários pressionaram por um valor menor, em torno de US\$ 5 ou US\$ 6.

O valor definido pelo governo, de US\$ 8,51, está praticamente na média desse intervalo. Resta agora esperar para ver se os acionistas majoritários terão interesse em participar da capitalização, programada para o dia 30 de setembro.

A pergunta, agora, é se os acionistas minoritários terão capacidade para absorver os novos papéis a esse preço. Se os investidores não comparecerem, o processo de capitalização poderá ser prejudicado.

## A Petrobras e suas comparáveis

### 7.1

#### As Empresas de Petróleo e Gás na América Latina Enfrentam Risco de Pressão por Crescimento Financiada por Dívida

As empresas petrolíferas estatais (NOCs) latino-americanas têm características que as tornam difíceis de comparar, mas todas elas enfrentam deterioração nas avaliações de crédito até cerca de 2016, quando o crescimento da produção e o fluxo de caixa começarão a melhorar. As empresas vão usar dívidas para financiar os programas agressivos de despesa de capital, o que representa riscos adicionais para os seus detentores de obrigações. As fortunas da Pemex dependem da celebração adequada da nova lei do setor de energia do México, enquanto a brasileira Petrobras, que domina o setor de energia do Brasil, vai se concentrar em águas profundas, o que representará altos custos de produção e risco operacional. A YPF da Argentina e a PDVSA da Venezuela enfrentam riscos soberanos maiores do que os de seus vizinhos.

Os fundamentos financeiros para as NOCs latino-americanas são afetadas por sua importância relativa para seus países de origem, bem como pela diversidade de suas receitas. A Ecopetrol se beneficia do regime regulatório estável da Colômbia, boas condições fiscais e o sólido crescimento da produção de petróleo. A Argentina e a Venezuela apresentam condições difíceis para os negócios em geral.

A Ecopetrol, A Petrobras e a YPF manterão o nível de crescimento no período 2014-18. A escala de produção da Ecopetrol aumentará à medida que a produção aumentar em novos campos, melhorar a recuperação em campos maduros e repor as reservas em 100% ou mais anualmente. A produção da Petrobras aumentará em 5% a 10% anualmente até em torno de 2017, e a produção da YPF aumentará mais 3% a 4% até meados de 2015.

O envolvimento do governo geralmente enfraquece modelo de negócios de uma NOC, mas também pode reduzir seus custos de empréstimos e facilitar seu



acesso ao mercado, mesmo quando suas avaliações de crédito se deteriorarem. Das cinco NOCs latino-americanas discutidas neste relatório, a PEMEX tem forte geração de caixa antes de impostos e as mais altas margens de EBIT, mas a expressiva produção privada no México não começará a reduzir a dependência do governo com relação à empresa até o final desta década. A escassez de moeda forte na Venezuela e a forte dependência da produção da PDVSA deixam essa empresa com baixa liquidez.

A PEMEX tem a maior margem das cinco NOCs latino-americanas deste relatório, enquanto a Petrobras tem a menor. A falta de royalties de produção e de operações em águas rasas da PEMEX resultam em margens de EBIT de quase 50%, mas a empresa vai lutar para aumentar a produção até que possa gerar mais recursos. A margem EBIT da Petrobras, com 12%, mal se compara com a das outras estatais, por causa dos altos custos de desenvolvimento offshore da empresa, da desvalorização do real e a alta inflação nos custos trabalhistas e de equipamentos para serviços em campos petrolíferos.

## 7.2

### **Os Riscos Variam Muito entre as Principais Empresas Petrolíferas Estatais Latino-Americanas**

As NOCs latino-americanas enfrentam circunstâncias comerciais e competitivas extremamente divergentes em seus países de origem, o que dificulta comparações precisas de seus desempenhos.

As NOCs estatais dominam a indústria de petróleo e gás latino-americana e investem de forma agressiva para atender as demandas domésticas de energia. A despesa de capital total das cinco empresas aqui discutidas deverá ultrapassar os 100 bilhões de dólares anuais nos próximos anos. As avaliações de crédito se deteriorarão para as empresas petrolíferas da região até cerca de 2016, quando a produção de petróleo e gás crescer o suficiente para melhorar a geração de fluxo de caixa e as avaliações de crédito. As empresas vão usar dívidas para financiar os programas agressivos de despesa de capital, o que representa riscos adicionais para os seus detentores de obrigações.

Mas embora todas estas empresas desfrutem de altos níveis de apoio (e dependência) governamental, os seus riscos operacionais e políticos substanciais

variam. A guerra de longa data da Colômbia (Baa3; positivo) com o movimento insurgente das FARC leva a frequentes ataques à sua infraestrutura energética, o que poderia restringir o crescimento futuro da produção da Ecopetrol (Baa2; estável), e as manifestações populares podem atrasar ou deter as entregas de petróleo bruto.

A Petróleos Mexicanos (PEMEX: A3, estável) deve contar com a boa execução das reformas energéticas no México para atingir suas metas futuras de produção. As reformas energéticas no México transformarão a PEMEX em uma empresa estatal produtiva e permitirá um sólido investimento privado no setor energético mexicano. No entanto, é razoável supor que a PEMEX seja a principal beneficiária das reformas, mas não esperamos que as avaliações de crédito melhorem significativamente até 2017. A Petróleo Brasileiro (Petrobras, Baa1; negativo) opera em lâminas d'água de 7.000 metros em média, com altos custos de produção e risco operacional mais elevados do que as outras empresas.

Duas empresas têm riscos de crédito muito mais elevados atualmente por operarem em países com alto risco político, a Argentina e a Venezuela. A argentina YPF (Caa1: estável) precisa de uma economia mais estável, além de aumentos nos preços internos para gerar caixa suficiente para desenvolver os substanciais recursos de xisto da Argentina. E a Petroleos de Venezuela (PDVSA, Caa1: negativo), deve tentar apaziguar os investidores privados e desenvolver parcerias com governos amigos e outras NOCs, a fim de financiar o seu desenvolvimento.

### 7.3

#### **Ambiente Macroeconômico Favorável para a PEMEX e a Ecopetrol**

Os fundamentos financeiros para as NOCs dependem de fatores macroeconômicos domésticos, sua importância relativa para seus países de origem, bem como a diversidade de suas receitas. Todas as cinco NOCs discutidas neste relatório são as maiores empresas de seus países de origem, e constituem fontes primordiais de receitas para os seus governos.

Tanto a Ecopetrol quanto a PEMEX e a Petrobras operam em países com perfis e perspectivas de crédito fortes. Entre os países, a Colômbia (Baa3: positivo) é digna de nota por seu regime regulatório estável e os preços de

mercado para derivados de petróleo, além de ter melhores condições fiscais para os produtores do que o México (A3: estável) ou o Brasil (Baa2: estável), o que levou a um sólido histórico de crescimento da produção de petróleo.

O arcabouço regulatório e operacional atraente da Colômbia auxilia o seu setor de energia, que inclui mais de 100 empresas de petróleo e gás, inclusive muitas das principais empresas de petróleo do mundo. O PIB médio anual da Colômbia vem crescendo a 5% desde 2011 – mais que o crescimento do México (3%) ou do Brasil (2%).

A Ecopetrol é de importância vital para a economia da Colômbia, que produz dois terços do petróleo bruto do país e controla a maioria dos dutos e toda a capacidade de refino.

A expressiva mudança do México para abrir seu setor energético para empresas privadas extingue o status de monopólio que a PEMEX detinha desde 1938. As empresas petrolíferas multinacionais estão animadas com as consideráveis perspectivas de recursos do México, bem como sua proximidade com a infraestrutura de petróleo e gás na Costa do Golfo norte-americano, mas se eles sofrerem atrasos na implementação ou mudanças políticas frequentes, o desenvolvimento de recursos do México continuará defasado.

Como outros países ricos em recursos também desejam investimentos privados, o México pós-reforma deve oferecer condições atraentes para conquistá-los. A PEMEX não têm capital ou conhecimento técnico para desenvolver todas as reservas de petróleo e gás do México, e tanto a PEMEX quanto o México precisarão de especialistas e capital estrangeiros para explorá-las totalmente. A PEMEX continuará sendo a maior e mais importante empresa de energia do México mesmo depois da reforma energética, e o seu status de estatal continuará a favorecer a empresa.

O ambiente macroeconômico no Brasil vem se reduzindo desde a crise financeira global de 2008-2009. Espera-se que o crescimento do PIB do país em 2014 caia a 1,5%, depois de uma taxa de crescimento pré-crise de 3,7%. Uma menor atividade econômica levou o governo brasileiro a contar mais com a Petrobras para financiar iniciativas políticas relacionadas com os gastos do consumidor, a inflação e os subsídios. Os preços internos da gasolina e do diesel no Brasil, que tem variado entre 10% a 20% abaixo do preço internacional

(dependendo da taxa de câmbio), cria um empecilho significativo à rentabilidade da Petrobras.

A Argentina (Caa1: estável) e a Venezuela (Caa1: negativo) oferecem condições difíceis para os negócios, e até mesmo para as suas NOCs. Tanto a YPF quanto a PDVSA têm bons ativos e historicamente têm priorizado os pagamentos aos detentores de obrigações e notas, mas as questões políticas e regulatórias domésticas se traduzem em fluxo de caixa volátil para ambas as empresas, o que é um risco para os credores. A moeda volátil e a alta inflação da Argentina impedem a rentabilidade e a geração de caixa da YPF. Por tudo isso, a YPF é essencial para a economia da Argentina como a maior entidade empresarial do país e a maior fornecedora de energia, produzindo cerca de 45% do petróleo da Argentina e 41% do gás natural oriundos de mais de 90 campos de petróleo e gás.

Enquanto isso, a instabilidade geral e a falta de segurança na Venezuela tornam difícil atrair trabalhadores para a PDVSA, bem como manter as operações estáveis e aumentar o investimento estrangeiro. As reservas em moeda estrangeira da Venezuela foram corroídas severamente, e sua forte dependência de receitas voláteis das exportações de petróleo eleva os riscos para os detentores de obrigações da PDVSA.

#### 7.4

#### **Ecopetrol, Petrobras e YPF Prontas para um Crescimento Substancial em 2017-18**

A Ecopetrol, a Petrobras e a YPF manterão o nível de crescimento no período 2014-18. A produção da Ecopetrol tem crescido em média 12% ao ano desde 2009, e sua escala de produção continuará aumentando à medida que a produção aumentar em novos campos, melhorar a recuperação em campos maduros e continuar a repor as reservas a uma taxa anual de 100% ou mais. Além disso, a produção da Ecopetrol é distribuída entre diversas regiões na Colômbia, uma diversidade geográfica que ajuda a proteger os investidores de ataques terroristas contra instalações da Ecopetrol, pois a empresa pode acessar a produção e a infraestrutura de outros campos em caso de interrupções.

A Ecopetrol também está construindo mais capacidade de armazenamento, a fim de proteger a demanda do usuário final contra interrupções. A empresa

também aumentou as suas exportações para a Ásia, que atingiram 37% de seus volumes exportados em 2013, um aumento de 21% com relação a 2012, ao mesmo tempo em que reduziu as exportações para os EUA de 59% para 46%.

Espera-se um aumento da produção da Petrobras em 5% a 10% ao ano até cerca de 2017, aproximando-se dos níveis de produção totais de cerca de 3 milhões de barris de óleo equivalente por dia (boe/d) em 2017. Grande parte deste crescimento da produção resultará em uma taxa de resgate [back-end load] em 2016-17. A Petrobras domina o setor de energia no Brasil e está entre as maiores

NOCs integradas. A Petrobras desenvolveu um conhecimento offshore considerável ao longo das décadas, fazendo algumas das maiores e mais promissoras descobertas offshore do mundo, e é responsável por mais de 60% das descobertas globais em águas profundas desde 2005. A empresa é detém e opera praticamente toda a capacidade de refino do Brasil, com capacidade de destilação de petróleo bruto de 2,2 milhões de barris por dia.

A YPF tem um bom equilíbrio entre as reservas de petróleo e gás e produção em cinco grandes bacias na Argentina, mas sua base de reserva é madura. A empresa se beneficia de fortes ativos de logística, incluindo oleodutos e terminais, bem como uma indústria petroquímica totalmente integrada com os seus segmentos de refino e gás natural. A YPF também opera o maior sistema de revenda da Argentina, com uma fatia de 55% do mercado de gasolina e 58% do mercado do diesel. Em 2013, a YPF celebrou uma parceria com a Chevron (Aa1: estável) e a Dow Chemical (Baa2: estável) para desenvolvimento de recursos de xisto. A YPF teve bom desempenho operacional, com taxas de reposição de reservas de cerca de 150%, enquanto um aumento de 1% a 2% na produção em 2013 reverteu o declínio da produção em anos anteriores. Espera-se um aumento adicional na produção da YPF de 3% a 4% até meados de 2015.

A PEMEX, maior NOC da latino-americana, produz cerca de 3,7 milhões boe/d, que é cerca de cinco vezes a produção da Ecopetrol e sete vezes a da YPF. Espera-se que a produção da PEMEX permaneça estável até 2017-18, quando parcerias privadas, joint ventures e transferência de tecnologia melhorarão as recuperações em campos maduros e em declínio da empresa e desenvolvimentos não convencionais, em águas profundas se iniciarão.

Enquanto isso, a Venezuela ostenta a segunda maior reserva de petróleo do mundo, atrás apenas da Arábia Saudita. Todavia, a capacidade da PDVSA de

reinvestir e crescer a produção foi limitada por altos pagamentos de transferência, enquanto a interferência do governo e as expropriações impediram o investimento estrangeiro.

A PDVSA tem as maiores e mais complexas operações de refino das NOCs latino-americanos, o que lhe permite otimizar a produção, mas o seu sistema tem sido afetado por falta de investimentos e baixa utilização, como resultado da falta de manutenção, acidentes e problemas operacionais. A qualidade de crédito da PDVSA se beneficia da propriedade da empresa CITGO, com sede nos Estados Unidos, cujas refinarias podem processar petróleo pesado amargo venezuelano. Na verdade, sem a CITGO a PDVSA teria que exportar seu petróleo bruto com desconto, uma vez que, mundialmente, uma capacidade relativamente pequena de refino pode lidar com o petróleo bruto pesado amargo.

## 7.5

### **Políticas Financeiras Variam Muito para NOCs na América Latina**

O envolvimento do governo geralmente enfraquece o modelo de negócios de uma NOC, mas também limita seus custos de empréstimos e facilita seu acesso ao mercado, mesmo quando suas avaliações de crédito se deterioraram.

Em todas as NOCs analisadas neste relatório, o governo é o principal acionista – e para a PDVSA e a PEMEX, o único acionista. O governo – ou a empresa, tendo o governo em mente – estabelece planos de despesa de capital em cada empresa, dividendos e distribuições de caixa, impostos, saldos mínimos de caixa e atividades no mercado de capitais.

A PEMEX apresenta forte geração de caixa antes de impostos, mas o governo mexicano tomou 100% ou mais das receitas antes de impostos da empresa, ou de US\$ 60 bilhões a US\$ 70 bilhões de dólares ao ano, a fim de manter seus objetivos fiscais. Esta relação vai continuar assim por muitos anos, até que uma produção privada significativa de petróleo no México, bem como uma taxa de crescimento do PIB potencialmente mais elevada comecem a reduzir a dependência do governo sobre a PEMEX. A despesa de capital da empresa subirá para cerca de US\$ 30 bilhões ao ano até 2019, enquanto ela desenvolve recursos em águas profundas e não convencionais, e também terá que cobrir cerca de US\$ 5 bilhões a US\$ 6 bilhões em vencimentos anuais da dívida.

A Ecopetrol também gera fortes fluxos de caixa, mas ela paga de 70% a 80% deles como dividendos. A empresa manterá um saldo de caixa de aproximadamente 1 bilhão de dólares, uma vez que ela reforça a despesa de capital para financiar o seu plano Mega, que prevê cerca de US\$ 68.500 milhões em gastos até 2020, principalmente em exploração e produção (E&P). A Ecopetrol tem o perfil de vencimento mais gerenciável das NOCs latino-americanas, com um vencimento médio de 15,7 anos. E, embora a participação do governo na Ecopetrol não possa cair abaixo de 80%, a empresa ainda pode emitir um patrimônio líquido adicional de 8,5% para o financiamento, se necessário. A Petrobras mantém o maior saldo de caixa do grupo, com US\$ 35 bilhões em 31 de março de 2014, e uma taxa de pagamento de dividendos bem conservadora, na faixa de 30%-40%. Embora a Petrobras tenha o maior saldo devedor do grupo, as suas políticas financeiras e grandes saldos de caixa permitem uma boa cobertura do serviço da dívida. A empresa continuará a gastar e aumentar significativamente os valores da dívida até o final de 2015, até que a produção do pré-sal comece a gerar fluxo de caixa substancial em 2016-17.

A YPF foi nacionalizada em 2012, portanto as suas políticas financeiras controladas pelo governo são relativamente novas. Acreditamos que o governo argentino permitirá que a YPF gere caixa suficiente internamente para aumentar a sua produção doméstica de petróleo e gás, devido à escassez de gasolina e diesel. Espera-se também que a prioridade de pagamento aos seus credores seja mantida. A YPF tem uma geração interna de caixa bem forte, com margens EBIT de 16% a 21%, mas ela pretende manter os saldos de caixa baixo, devido à alta inflação, estimada pelos economistas como em torno de 25%. No entanto, cerca de 33% da receita da YPF está atrelada ao dólar, que oferece proteção contra a volatilidade do câmbio.

A PDVSA tem baixa liquidez devido principalmente às grandes transferências exigidas pelo governo para apoiar ambiciosos programas sociais. Estes pagamentos de transferência continuarão a limitar a PDVSA e a sua capacidade de reinvestimento. Além disso, a empresa recebe caixa por apenas 70% a 75% da sua produção, como resultado do acordo PetroCaribe, que permite que muitas nações do Caribe comprem petróleo bruto da PDVSA em condições favoráveis de financiamento.

Esta ausência de moeda forte também limita o acesso da PDVSA aos dólares americanos de que precisa para E&P e para o serviço da dívida futuros. As necessidades de despesa de capital de US\$ 18 bilhões empresa aumentarão até 2016-17, enquanto a sua agressiva taxa de pagamento de dividendos de 50% a 80% enfraquece seu fluxo de caixa retido (FCR). O governo da Venezuela tem feito poucas concessões, propondo mais condições de financiamento mais elevadas para os países do PetroCaribe e relaxando o inesperado esquema de impostos sobre royalties, o que ajudará a aumentar a rentabilidade da PDVSA.

## 7.6

### **A Governança Corporativa e a Transparência Variam Consideravelmente**

A Ecopetrol, a YPF e a Petrobras, que têm ações cotadas nas bolsas dos mercados desenvolvidos, geralmente têm boa qualidade de informação e transparência. Mas ser cotada na bolsa não garante boa governança corporativa. A maior parte da diretoria da Petrobras é composta por pessoas indicadas pelo governo, pois o governo habitualmente usa a empresa para ajudar a cumprir suas metas políticas, por exemplo, construindo refinarias em regiões pouco rentáveis para impulsionar o desenvolvimento econômico, e controlando a inflação mantendo os preços da gasolina e do diesel abaixo do valor de mercado.

No entanto, a PEMEX, que não tem ações na bolsa, tem boa transparência. A PEMEX fornece registros substanciais à SEC [Comissão de Valores Mobiliários] e à agência reguladora mexicana, bem como muitos dados operacionais estão disponíveis para o público. Espera-se que a governança corporativa da PEMEX melhore ainda mais sob a nova lei da energia do México.

Por outro lado, a nacionalização da YPF, uma empresa pública, aumenta a incerteza sobre sua governança corporativa e futura gestão do governo. Enquanto isso, a PDVSA não tem ações na bolsa, tem pouca transparência e há frequentes atrasos nos relatórios financeiros.



## 7.7

### **Rentabilidade Varia de Acordo com a Geologia e os Royalties do Governo**

Todas as NOCs latino-americanas, com exceção da Petrobras, tem fortes indicadores de rentabilidade antes de impostos, mas as margens do grupo variam, em parte por causa de suas diferentes geologias e proporções na produção de petróleo e gás. Mesmo assim, a PEMEX tem a maior margem das cinco NOCs latino-americanas deste relatório, enquanto a Petrobras tem a menor.

A PEMEX goza de baixos custos de produção, com margens EBIT de quase 50%, as maiores entre as NOCs latino-americanas. A alta rentabilidade antes de impostos da PEMEX deriva de suas operações competitivas em águas rasas, que geram um dos mais baixos custos de descoberta e desenvolvimento do setor para a empresa, ao mesmo tempo em que o governo mexicano não exige pagamento de royalties sobre a produção.

No entanto, a PEMEX tem se esforçado para aumentar a produção devido a problemas de fluxo de água em seus campos de petróleo pesado e ao natural declínio de Cantarell, um dos maiores campos produtores do mundo e fonte da maior parte da produção da PEMEX desde meados da década de 1970. A produção dos campos KMZ e dos mais recentes campos Tsimin e Kuil ajudou a PEMEX a compensar o declínio de Cantarell, mas entre agora e 2017 a PEMEX deve desenvolver mais recursos juntamente com a produção existente, a fim de atingir as metas de produção do governo. As margens da Pemex diminuirão, uma vez que elas tendem para uma produção de custo mais elevado em águas profundas e recursos não convencionais, a fim de aumentar a produção.

As margens EBIT da Ecopetrol já pairavam em torno de 30% a 40% desde 2009 e continuarão fortes até pelo menos 2016-17, enquanto a empresa tenta aumentar a recuperação em seus campos atuais. Esta estratégia ajudará a aumentar a produção, enquanto os custos de desenvolvimento serão menores do que seriam se a Ecopetrol empreendesse novos projetos.

A margem EBIT de 12% da Petrobras e razão de 7% do EBIT de capitalização contábil média nem se compara a de seus colegas integrados. O desenvolvimento offshore da empresa reprime suas margens EBIT, enquanto a depreciação do real e o custo inflacionado brasileiro sobre a mão de obra e

equipamentos para serviços em campos petrolíferos também restringem a rentabilidade. Os custos da Petrobras continuarão a aumentar em termos absolutos, com base em seu grande foco no programa de desenvolvimento em águas profundas, mas espera-se que a taxa de aumento de custos diminua conforme as iniciativas de corte de custos da empresa se consolidam. Com o passar do tempo, os custos unitários da empresa cairão conforme as grandes reservas do pré-sal brasileiro sejam contabilizadas e a nova produção entre em operação, mas as políticas atuais de preços do governo para o diesel e a gasolina, se sustentadas, continuarão a dificultar o segmento de refino da Petrobras, que perdeu US\$ 2,5 bilhões de EBITDA no primeiro trimestre de 2014.

Petrobras começou a usar uma nova metodologia de preços para a gasolina e o diesel em 2013; no entanto, a mais recente rejeição do governo a um pedido de aumento dos preços em junho de 2014 mostra a constante dificuldade de recuperação dos custos, enquanto o governo se concentra na inflação. O fluxo de caixa da Petrobras originado do aumento da produção acabará por compensar a sua despesa de capital em exploração e desenvolvimento em águas ultraprofundas, mas o fluxo de caixa livre sustentável está a poucos anos de distância, na melhor das hipóteses.

## 7.8

### **Crescente Alavancagem para a Maior Parte do Grupo**

Tanto a YPF quanto a PDVSA mantêm alavancagem relativamente baixa e níveis mais elevados de fluxo de caixa residual (RCF) do que as outras empresas da região, por conta dos riscos operacionais e soberanos mais elevados em seus países de origem. A YPF tem o maior coeficiente entre o RCF e a dívida líquida, pouco menos de 80%, entre as NOCs latino-americanas deste estudo, e o sólido indicador de RCF da PDVSA para a dívida líquida, de pouco mais de 50% é o terceiro depois da Ecopetrol. É esperado que a dívida da YPF suba de meados ao fim de 2015, mas o aumento da produção e a geração de caixa devem manter os índices de alavancagem estáveis.

A PDVSA deve manter a dívida moderada no balanço e buscar outros meios de financiamento, incluindo parcerias, joint ventures, empréstimos de clientes e fornecedores, e financiamento de projetos. A alavancagem da Ecopetrol

aumentará, uma vez que ela financia os seus planos de gastos de capital substanciais, principalmente através de novas dívidas.

No entanto, espera-se um aumento do EBITDA para manter os níveis de alavancagem conservadora, conforme ela realiza o seu ambicioso plano de despesa de capital.

Os níveis de endividamento absolutos da Petrobras e da Pemex continuarão a subir até meados de 2016, mas os índices de alavancagem atualmente elevados da Petrobras devem diminuir à medida que aumenta a produção e novos projetos começam a operar internacionalmente. Espera-se também que o fluxo de caixa livre negativo se reduza a níveis mais modestos em 2016-17. A alavancagem da PEMEX irá aumentar em termos absolutos e se comparada a sua geração de caixa. A EBITDA da PEMEX deverá se manter estável em 2014-15, embora os níveis de endividamento aumentarão para aproximadamente US\$ 10 bilhões por ano.

Todas as NOCs latino-americanas têm forte cobertura de juros, em parte em função de seus custos de empréstimos atraentes. A cobertura de juros deverá permanecer forte em todo o grupo, oferecendo proteção aos credores.

### **7.8.1**

#### **A Estrutura de Capital da Petrobras**

É sabido que as empresas necessitam de capital para que possam se expandir, seja este próprio, ou de terceiros. A forma como a empresa organiza esta necessidade de capital é a chamada estrutura de capital da empresa.

Uma estrutura de capital bem elaborada maximiza os lucros da empresa e ainda pode ser utilizada como uma excelente ferramenta de alavancagem financeira. No entanto, não se deve esquecer que trata-se de uma das áreas mais complexas na tomada de decisões financeiras uma vez que está diretamente inter-relacionada com outras variáveis de decisões.

Alguns administradores financeiros denominam estrutura ótima de capital a essência desse sucesso. Esta estrutura resulta no equilíbrio entre risco e retorno que maximiza os preços das ações de uma empresa no mercado.

A estrutura ótima de capital contempla a composição de suas fontes de financiamento. Os recursos que a empresa aplica em ativos são oriundos de seus

proprietários e de terceiros, e tanto os sócios quanto os credores esperam por uma justa remuneração pelo fornecimento dos recursos. Em se tratando de uma sociedade anônima, o retorno dos sócios se dá pelo recebimento de dividendos e, quando se trata de uma empresa limitada, este retorno se dá pela divisão do lucro, além dos ganhos de capitais, que provém da valorização da empresa.

Na literatura financeira, encontra-se como definição de estrutura ótima de capital a “dívida de longo prazo e capital próprio mantida pela empresa” (Gitman e Madura, 2003) sendo citada como uma das áreas mais complexas da tomada de decisão, uma vez que está inter-relacionada com outras variáveis que devem ser consideradas no momento da decisão financeira. Pode-se verificar nesta definição a responsabilidade e a complexidade que envolvem o tema, uma vez que uma decisão inadequada que seja tomada sobre a estrutura acarreta um alto custo de capital.

Pode-se citar como fatores/variáveis que afetam a estrutura de capital das empresas:

- A interferência Governamental – por afetar sua arrecadação de impostos;
- Garantir a possibilidade de se endividar – utilizar menor endividamento para garantir o acesso a oportunidades de investimentos que vierem a surgir;
- Os conflitos entre acionistas da empresa e assimetria informacional entre eles;
- O monitoramento de executivos através do endividamento e política de conflitos;
- Acesso a fontes mais baratas de capital;
- A estabilidade das vendas;
- A estrutura de ativos;
- A alavancagem operacional;
- A taxa de crescimento;
- As condições de mercado;
- As condições internas da empresa; e,
- A flexibilidade financeira.

Assim, a estrutura ótima de capital não é uma ciência exata, o que faz com que empresas que atuam no mesmo setor tenham estruturas diferentes, o que não

modifica seus objetivos que são o de maximizar o valor das ações e minimizar o custo de capital. No entanto, esses dois objetivos se confundem, pois a medida que a empresa reduz o seu custo, ela pode aprovar outros projetos que venham a contribuir para o aumento de sua riqueza.

Face ao exposto, podemos resumir estrutura ótima de capital como uma mix de endividamento e capital próprio com o qual a empresa pretende financiar seus investimentos, de modo a minimizar o seu custo de capital. É importante ressaltar que em qualquer ponto no tempo, a administração da empresa tem uma estrutura alvo de capital específica em mente, presumivelmente uma ótima, embora esta meta possa sofrer alterações com o passar do tempo.

### 7.8.2

#### **Definindo a Estrutura de Capital Desejada**

Independente de ser o reflexo de um planejamento prévio ou não, as fontes de recursos de uma empresa (passivo) sempre estão estruturadas de alguma forma. Para que esta estrutura seja eficiente e possa ser usada como alavanca para o desenvolvimento empresarial, torna-se necessário que esta seja previamente definida de acordo com alguns princípios básicos. Segundo Brigham e Houston (1999), são quatro os principais fatores que influenciam diretamente as decisões acerca da estrutura de capital:

**1. O risco do negócio, ou o grau de risco inerente às operações da empresa, caso não utilize capital de terceiros.** Quanto maior for o risco do negócio da empresa, mais baixo será seu grau de endividamento ótimo.

**2. A posição tributária da empresa.** Uma das principais razões para se usar capital de terceiros é que os juros podem ser deduzidos para fins de impostos, o que reduz o custo efetivo da dívida. No entanto, se a maior parte do lucro de uma empresa já está protegida da tributação por meio de escudos tributários de depreciação ou por compensação de prejuízos fiscais anteriores, sua alíquota de impostos será baixa, de modo que a dívida não será tão vantajosa quanto seria para uma empresa com uma alíquota de impostos efetiva mais alta.

**3. Flexibilidade financeira, ou a capacidade de levantar capital sob condições razoáveis em situação adversa.** Os administradores financeiros de

empresas sabem que uma oferta uniforme de capital é necessária para operações estáveis – o que é vital para o sucesso a longo prazo. Eles também sabem que, quando há redução de crédito na economia, ou quando uma empresa está passando por dificuldades operacionais, os provedores de capital preferem fornecer fundos a empresas com balanços patrimoniais fortes. Portanto, tanto a necessidade potencial futura de fundos como as consequências de uma deficiência de fundos têm grande influência na estrutura de capital desejada – quanto maior for a necessidade futura provável de capital e quanto piores forem as consequências de uma falta de capital, mais forte precisa ser o balanço patrimonial.

**4. Conservadorismo ou agressividade da administração.** Alguns administradores são mais agressivos que outros e por isso algumas empresas são mais propensas à utilização de dívidas para alavancar os lucros. Este fator não afeta a estrutura de capital ótima ou maximizadora de valor, mas influencia a estrutura de capital desejada.

A estrutura que é escolhida tomando estes princípios por base, poderá ser chamada de estrutura de capital desejada. Uma estrutura que, como já citado, não é estática, e muda ao longo do tempo à medida que mudam as condições de mercado.

Geralmente, as empresas procuram não se afastar muito do padrão de endividamento do setor. As que apresentam maiores incertezas em relação aos seus resultados operacionais tendem a demandar maiores participações de recursos próprios para financiar suas atividades com o intuito de buscar, nessas condições, maior segurança diante das oscilações de mercado.

No Brasil, há a presença de taxas de juros heterogenias e sujeitas a interferência do governo. Percebe-se também um grande desequilíbrio entre agentes econômicos superavitários e deficitários, de modo que alguns participantes do mercado não alcançam seus desejos de captações e aplicações de maneira satisfatória.

Há métodos padronizados que promovem a transparência necessária às práticas regulatórias e oferecem maior certeza sobre quais são os elementos determinantes da taxa de retorno e como esses a influenciam. Dentre estes métodos, o mais difundido mundialmente é o CAPM em combinação com o WACC. O uso deste modelo permite determinar a taxa de retorno da empresa.

### 7.8.3

#### Estrutura de Capital

Estrutura de capital é a composição, segundo a origem, dos fundos de longo prazo que irão financiar o ativo permanente e parte do ativo circulante. Esses fundos podem ter como origem o capital próprio ou o capital de terceiros .

Segundo Schoroeder, Clark e Cathey (2005), estrutura de capital é o resultado de uma combinação (mix) entre capital de terceiros (dívidas) e o capital próprio de uma empresa. Os autores acrescentam que, ao longo dos anos, tem-se debatido consideravelmente se o custo de capital de uma firma varia conforme a composição da sua estrutura de capital. Modigliani e Miller (1958) concluíram que o custo do capital de uma empresa não é afetado por essa combinação entre dívida e capital próprio, porém eles próprios refutaram a tese e concluíram que, se há imposto de renda creditado no resultado sobre as despesas financeiras, a estrutura de capital ótima tende ao endividamento até ao ponto onde os custos do endividamento superem os benefícios do endividamento.

Os custos do endividamento são: conflito de interesses entre acionistas e credores, custos (implícitos ou não) de falência, risco de sub-investimento e aumento da tendência ao risco. Os benefícios do endividamento são: redução da assimetria informacional entre o gestor e o acionista, o aumento da exigência sobre a qualidade da gestão (o que os teóricos chamam de "disciplina da dívida"), etc.

Dado isso, surgiu a teoria da *Pecking Order* que hierarquiza (sem a preocupação de procurar um ponto ótimo de estrutura de capital) as fontes de financiamento do ponto de vista do gestor. Nessa teoria, o gestor prefere, primeiramente, financiar-se com recursos internos, depois com dívida e depois com emissões de capital.

Podemos retirar os dados da *Bloomberg* para calcularmos a estrutura de capital da Petrobras. Esses dados sobre Patrimônio Líquido da Petrobras e Endividamento são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 8

## Estrutura de Capital da Petrobras (em milhões)

Valor do Patrimônio Líquido	R\$ 225.539,40	42,3%
Valor das Dívidas de Curto Prazo	R\$ 23.535,00	4,4%
Valor das Dívidas de Longo Prazo	R\$ 284.177,00	53,3%
Total	R\$ 533.251,40	100%

Valor Total do Patrimônio Líquido	R\$ 225.539,40	42,3%
Valor Total das Dívidas	R\$ 307.712,00	57,7%
Total	R\$ 533.251,40	100%

Dessa forma, o Valor do Patrimônio Líquido da Petrobras representa 42,3% da soma do Patrimônio Líquido mais as Dívidas (Curto e Longo Prazos), e o valor das Dívidas representa 57,7% desse mesmo valor.

## 7.9

**Custo do capital próprio (*Cost of Equity -  $K_e$* )**

O custo do capital próprio (custo do patrimônio líquido) é dado pela expectativa de retorno sobre PL durante um determinado período (normalmente um ano) baseado em níveis de taxa de juros e retorno de mercado do PL no tempo. Para a obtenção do retorno de uma pasta diversificada, o risco de patrimônio líquido se aproxima do risco de mercado comum, considerando a teoria de que a diversificação possibilita a eliminação do risco não sistemático (risco intrínseco de cada investimento).

Segundo Damodaran (1997, p. 59) “o custo do patrimônio líquido é a taxa de retorno que os investidores exigem para realizar um investimento patrimonial em uma empresa”.

Existem duas abordagens para estimar o custo do patrimônio líquido: a primeira é através da utilização de um modelo de risco e retorno (CAPM), e a segunda é pela aplicação de um modelo de crescimento de dividendos.



### 7.9.1

#### CAPM (Capital Asset Price Model)

Segundo Assaf Neto (2003) “o CAPM encontra grandes aplicações no campo das finanças”. Preliminarmente, o modelo permite determinar, de maneira consciente com o retorno esperado, o risco de um ativo. De acordo com Damodaran (1997), o CAPM mede o risco em termos de variância não-diversificável e relaciona os retornos esperados a essa medida de risco. O risco não-diversificável para qualquer ativo é medido pelo seu beta, que pode ser utilizado para gerar um retorno esperado. Assim:

$$E(R_a) = R_f + \beta_{PL} (E[R_m] - R_f)$$

Onde:

$E(R_a)$  = retorno esperado para o patrimônio líquido;

$R_f$  = Retorno do ativo livre de risco;

$E(R_m)$  = retorno esperado sobre o índice de mercado.

O retorno que os investidores esperam ganhar sobre um investimento patrimonial, dado o risco a ele inerente, se torna o custo do patrimônio líquido para os gerentes da empresa.

O CAPM é amplamente utilizado no processo de avaliação de tomada de decisões sob condições de risco, sendo possível, também, apurar-se a taxa de retorno exigida pelos investidores, bem como o coeficiente beta das empresas, que representa um incremento necessário no retorno de um ativo de forma a remunerar de forma satisfatória o seu risco sistemático (ASSAF NETO, 2005).

Conforme Ross, Westerfield e Jaffe (1995), o CAPM é um dos modelos utilizados para avaliar o custo do capital próprio, assim como o Modelo de Gordon (abordagem dos dividendos) ou o Arbitrage Pricing Model (APM).

Pelo CAPM tem-se que a taxa de rendimento requerida por um investidor é igual ao retorno dos investimentos sem risco acrescido de um prêmio pelo risco. Calcula-se o coeficiente de volatilidade da ação, chamado  $\beta$  (beta), por assumir somente o risco sistemático.

O CAPM decompõe o risco de uma carteira (portfólio) em risco

sistemático e específico. De acordo com CAPM, o mercado compensa os investidores por correr risco sistemático, mas não por correr risco específico. Isto ocorre porque risco específico pode ser diversificado. O risco sistemático pode ser mensurado pelo uso do beta. De acordo com CAPM, o retorno esperado de uma ação iguala a taxa livre de risco mais o beta da carteira (portfólio) multiplicado pelo retorno em excesso do mercado esperado da pasta.

O beta da empresa representa o excesso do custo de capital próprio em relação à taxa livre de risco, em razão do excesso do retorno do mercado em relação à mesma taxa livre de risco. Dessa forma, o beta nada mais é do que uma medida adimensional obtida pelo modelo CAPM, que representa um excesso (adição de valor) no retorno de um ativo de forma a remunerar o risco sistemático do mercado. Para concluir, se o beta de uma ação é igual a 1, diz-se que ela se movimenta na mesma direção do mercado, possuindo o mesmo risco sistemático do mercado, se o beta é maior que 1 qualquer valorização do mercado determina que a valorização da ação será a taxa do mercado mais o percentual do  $\beta$  que exceder a 1.

Em 1964 William Sharpe publicou o Capital Asset Pricing Model (CAPM). Um trabalho paralelo também foi desenvolvido por Treynor (1961) e Lintner (1965). O CAPM foi estendido pela teoria do portfólio de Harry Markowitz para introduzir as noções de risco sistemático e específico. Pelo seu trabalho em relação ao CAPM, Sharpe compartilhou Prêmio de Nobel em Economia de 1990 com Harry Markowitz e Merton Miller.

Dessa forma, já podemos usar os dados da Bloomberg e a fórmula do CAPM para o cálculo do Custo de Capital Próprio (*Cost of Equity* -  $K_e$ ) da Petrobras. Esses dados se encontram na tabela abaixo:

Tabela 9

### Cálculo do Custo da Patrimônio Líquido ( $K_e$ )

Custo do Patrimônio Líquido da Petrobras ( $K_e$ )	16,59%
Beta da ação da Petrobras em relação ao índice Ibovespa ( $\beta$ )	1,18
Taxa de Retorno do Título do Governo Brasileiro de 10 anos ( $R_f$ )	11,67%
Retorno Esperado sobre o Ibovespa ( $R_m$ )	15,84%
Prêmio de Risco de Mercado ( $R_m - R_f$ )	4,17%

Fonte: Bloomberg

Assim, o Custo de Capital Próprio ou o Custo do Patrimônio Líquido é igual a 16,59%.

### 7.9.2

#### Custo das Dívidas ( $K_d$ )

Segundo Assaf Neto (2003, p. 356), o custo de capital de terceiros –  $K_d$  – “é definido de acordo com os passivos onerosos identificados nos empréstimos e financiamentos mantidos pela empresa”. Em termos gerais, o  $K_d$  é determinado através das seguintes variáveis:

O nível corrente das taxas de juros: à medida que o nível das taxas de juros aumenta o custo da dívida para a empresa, em tese, também crescerá.

O risco de inadimplência da empresa: à medida que o risco de inadimplência da empresa aumenta o custo de tomar dinheiro emprestado, em tese, também crescerá.

Os benefícios fiscais associados aos empréstimos (dívida): como os juros são dedutíveis do imposto de renda, o custo da dívida após tributação é uma função da alíquota fiscal. O benefício fiscal decorrente do pagamento de juros torna mais baixo o custo da dívida após tributação em relação ao custo antes do pagamento dos impostos.

Segundo a Bloomberg, o custo da dívida ( $K_e$ ) de uma companhia pode ser calculado usando as taxas de juros dos *bonds* soberanos, um fator de ajuste de dívida, e as proporções de dívidas de curto e longo prazos sobre o valor total da dívida. O fator de ajuste de dívida representa a média de retorno acima dos *bonds* soberanos para uma determinada classe de *rating*. Quanto menor for o *rating*, maior será o fator de ajuste de dívida. Esse fator de ajuste será usado apenas quando a empresa não tiver uma curva justa de mercado. Quando a companhia não tiver *rating*, é assumido um fator de ajuste a taxa equivalente ao *rating* BBB+ de longo prazo da Standard&Poor's.

Podemos calcular o Custo da Dívida da Petrobras através dos dados da Bloomberg conforme tabela abaixo:

Tabela 10

Cálculo do Custo da Dívida ( $K_d$ )

Custo da Dívida ( $K_d$ )	14,85%
1-Taxa Efetiva de Imposto	84,34%
Taxa Efetiva de Imposto	15,66%
x Custo da Dívida Antes do Imposto	11,93%
Note Rate X (Dívida de CP / Dívida de LP)	8,00%
Note Rate	11,64%
Bond Rate X (Dívida de CP / Dívida de LP)	11,04%
(Dívida de CP / Dívida de LP)	92%
Bond Rate	11,95%
Fator de Ajuste de Dívida	1,48

Fonte: Bloomberg

Dessa forma, chegamos a um valor de 14,85% do custo da dívida da Petrobras.

## 7.9.3

**WACC – Weight Average Cost of Capital**

Para Damodaran (1997, p. 77), o Custo Médio Ponderado de Capital – WACC – pode ser intuitivamente definido como “a média ponderada dos custos dos diversos componentes de financiamento, incluindo dívida, patrimônio líquido e títulos híbridos, utilizados por uma empresa para financiar suas necessidades financeiras”.

Brealey e Myers (1984) afirmam que a idéia que está por trás da fórmula do WACC é simples e intuitiva. Para esses autores, se um novo projeto é lucrativo o suficiente para pagar os juros sobre a dívida contraída para financiá-lo e, também, para gerar uma taxa de retorno superior à esperada sobre o patrimônio investido, deve-se considerá-lo como um bom projeto. Essa taxa de retorno superior ao esperado nada mais é do que uma extrapolação da taxa de retorno exigida pelos investidores da companhia (acionistas).

O conceito de custo médio ponderado do capital desenvolvido por Damodaran merece algum destaque quando aplicado ao mercado brasileiro, no tocante às ações preferenciais. Tais títulos, comuns ao mercado norte-americano,

não se encontram aplicados e/ou difundidos no mercado nacional. As ações preferenciais brasileiras fazem parte da composição patrimonial (*equity*), devido às suas características intrínsecas de propriedade. As ações preferenciais, como no modelo de Damodaran, representam um título de dívida, com dividendos estipulados quando do contrato firmado. Os conceitos e aplicações de tais componentes encontram-se evidenciados no decorrer desse estudo, onde o leitor pode facilmente identificar as diferenças entre os títulos de dívida norte-americanos e as ações preferenciais brasileiras.

Os tipos de capital incluídos na formulação de Damodaran não são exaustivos. Para Copeland, Koller e Murrin (2002, p. 206), “o esquema real de ponderação pode ser mais complexo, já que se faz necessária ponderação de valor de mercado separada para cada fonte de capital envolvendo pagamentos de caixa, presentes ou futuros”. Essas “novas” fontes de financiamento apresentariam custos próprios e, logo, deveriam aparecer como ponderações separadas na formulação do WACC. Para esses autores, outras possíveis fontes de financiamento seriam os leasings (operacionais e financeiros), endividamentos subsidiados, títulos conversíveis em ações e avais e/ou opções de compra de ações por executivos (lista não exaustiva).

#### 7.9.4

#### Cuidados na Utilização do WACC

Um destaque a ser evidenciado quando da utilização do modelo WACC é sua vinculação às ponderações a valor de mercado. Damodaran (1997, p. 80) afirma que “os pesos atribuídos ao patrimônio líquido e à dívida no cálculo do custo médio ponderado do capital precisam ser baseados em valor de mercado, não em valor contábil”. O raciocínio se fundamenta no fato de o custo de capital medir o custo de emissão de títulos, tanto de ações quanto de bônus, para financiamento de projetos, e que esses títulos são emitidos a valor de mercado, não pelo valor contábil.

Copeland, Koller e Murrin (2002) afirmam que existe um problema de circularidade envolvido na estimativa do WACC. Essa circularidade advém da utilização das ponderações a valor de mercado para determinar o WACC, mas não temos como fazê-las sem antes saber o valor de mercado – em especial o valor de

mercado do patrimônio líquido, que é objetivo do processo de avaliação de empresas. Em essência, não podemos saber o valor do WACC sem ter em mãos o valor de mercado do patrimônio líquido e não podemos saber o valor do patrimônio líquido sem saber o WACC.

Uma das formas de superar essa barreira é simplesmente iterar entre as ponderações usadas no WACC e o valor resultante do patrimônio líquido (COPELAND, KOLLER e MURRIN, 2002). Para tanto, utiliza-se o fluxo de caixa livre para determinar a nova composição (estrutura) patrimonial da companhia e determinar, também, novo WACC. Uma forma simples e intuitiva de determinar o valor de mercado da empresa é descontar o fluxo de caixa dos acionistas pelo custo do capital próprio. A partir da obtenção desses dados, podemos calcular um único WACC válido para a empresa como um todo.

Para Damodaran (1997) existem três argumentos-padrão contra a utilização de valor de mercado. Primeiro, argumenta-se que o valor contábil é mais confiável do que o valor de mercado por não ser tão volátil. Embora seja verdade que o valor contábil não muda tanto quanto o de mercado, tal fato é mais um reflexo de fraqueza do que de força, uma vez que o valor real da empresa muda ao longo do tempo, à medida que informações tanto específicas da empresa quanto de mercado são divulgadas. Argumentaríamos que o valor de mercado, com sua volatilidade, constitui um reflexo muito melhor de valor real do que o contábil.

Segundo, sugere-se usar o valor contábil em vez do de mercado é uma abordagem mais conservadora à estimativa dos índices de endividamento. Assume-se que os índices de endividamento baseados em valor de mercado são sempre mais baixos do que os baseados em valor contábil, uma suposição que não se apóia em fatos e, terceiro, alega-se que os credores não emprestarão com base em valor de mercado, mas esta alegação, também, parece ser baseada mais em percepção que em realidade.

### 7.9.5

#### **Suposições do CAPM**

- Todos investidores possuem expectativa racional.
- Não existem oportunidades de arbitragem

- Os retornos são normalmente distribuídos.
- Quantidade fixa de ativos.
- Mercado de capitais eficiente
- Os investidores estão preocupados com o nível futuro de riqueza.
- Separação dos setores produtivos e financeiros
- Quantidades planejadas de produção não mudam.
- Taxas livres de risco estão disponíveis para qualquer tipo de pessoa.
- As taxas para tomar e conceder empréstimos são iguais
- Não existe inflação e mudança na taxa de juros.
- Informação perfeita, todos investidores possuem as mesmas -expectativas de retorno

Há quase duas décadas Mehra e Prescott (1985) observaram que o valor médio do prêmio de risco das ações norte-americanas, ao longo de quase um século de história, superou o valor que se esperaria levando-se em conta as teorias de ciclo econômico. Para justificar este elevado prêmio de risco, com base no modelo de Lucas (1978), que assume uma função de utilidade do tipo CRRA (*constant relative risk aversion*), o coeficiente de aversão relativa ao risco teria que ter um valor muito superior ao sugerido por estas teorias. Esse problema foi denominado de *Equity Premium Puzzle*. (Yoshino & CATALAO, 2006)

Para Cochrane (2001), existe uma tarefa inacabada que é entender e mensurar as fontes de risco macroeconômico que dirigem o preço dos ativos. Ele defende que as finanças devem retornar ao estudo da macroeconomia. Cochrane também cita erros comuns que financistas cometem ao supor que as séries possuem desvio-padrão e médias constantes. Esse erro se torna especialmente grave quando os mercados entram em crise, nesse caso os modelos CAPM e BLACK-SCHOLES tem de ser reformulado de acordo com princípios econômicos e estatísticos (da econometria). Ele diz que métodos como MQO (Mínimos Quadrado Ordinários) não são adequados quando as séries não possuem distribuição normal, muitas analistas de bancos e consultorias fazem de forma errônea. Nesse caso ele sugere o uso de GMM (método dos momentos generalizados), que não requer mercados completos (ou investidor representativo), não supões que os retornos são normalmente distribuídos e também não assume que os mercados estão em equilíbrio. Apesar de propor melhoras ao modelo

CAPM, Cochrane torna o estudo extremamente complexo, mesmo para economistas de destaque internacional.

Essas considerações não exaurem as características e os cuidados na utilização do WACC como ferramenta para determinação do custo de capital de uma companhia. As informações aqui evidenciadas servem como um regramento simples quando da utilização desse ferramental no processo de avaliação de empresas.

### 7.9.6

#### Cálculo do WACC

O WACC é representado pela seguinte fórmula:

$$WACC = K_e \left( \frac{E}{E + D} \right) + K_d \left( \frac{D}{E + D} \right)$$

Onde:

$Ke = R_f + \beta(R_m - R_f)$  = custo do patrimônio líquido da empresa

$K_d$  = custo das dívidas após impostos

$R_f$  = taxa livre de risco;

E = valor de mercado da companhia

D = valor total das dívidas da companhia

Aplicando os números que encontramos pelas equações e aplicando na equação chegamos a um resultado de 15,60% para o WACC da Petrobras.

### 7.10

#### Custo de Capital, alavancagem financeira e beta

Segundo Samanez (2007), o custo médio ponderado de capital da empresa com seus atuais ativos, mas não considera necessariamente as alterações que possam ocorrer devido à incorporação de novos ativos, em decorrência da execução de um novo projeto de investimento. Caso o projeto tenha o mesmo perfil de risco da empresa patrocinadora e não altere a sua alavancagem



financeira, o atual CPMC da empresa poderá ser usado no desconto dos fluxos de caixa do projeto. Entretanto, se o projeto alterar o risco financeiro da empresa, será necessário efetuar um ajuste no CMPC.

Considerando que o ativo da empresa seja financiado por dívida (D) e por capital próprio (CP), o beta desse ativo será a média ponderada dos betas da dívida e do capital próprio:

$$\beta_A = \beta \left( \frac{CP}{CP + D} \right) + \beta_d (1 - T) \left( \frac{D}{CP + D} \right)$$

Onde:

$\beta_A$  = beta do ativo;

$\beta_d$  = beta da dívida;

$\beta$  = beta do capital próprio (das ações ordinárias);

D = valor de mercado da dívida;

CP = valor de mercado do capital próprio;

T = alíquota do imposto de renda.

A ponderação de cada beta é dada pela fração em que cada fonte de recursos participa no financiamento do ativo.

Uma segunda maneira de expressar o beta do ativo é:

$$\beta_A = \beta_0 (1 - T) \left( \frac{D}{CP + D} \right)$$

Como essas duas expressões para o  $\beta_A$  são equivalentes, podemos igualá-las e, a seguir, destacar o beta do capital próprio (beta das ações ordinárias):

$$\beta \left( \frac{CP}{CP + D} \right) + \beta_d (1 - T) \left( \frac{D}{CP + D} \right) = \beta_0 (1 - T) \left( \frac{CP}{CP + D} \right)$$

$$\beta = \beta_0 + (\beta_0 - \beta_d) \left( \frac{D}{CP} \right) (1 - T)$$

A razão (D/CP) refere-se à atual relação dívida-capital próprio da empresa. Na última expressão, pode-se observar que o risco do capital próprio medido por ser beta ( $\beta$ ) é a soma de duas partes do risco operacional medido pelo  $\beta_0$  (beta desalavancado) e do risco devido à alavancagem financeira ( $\beta_0 - \beta_d$ ). Quando a dívida aumenta na estrutura de capital, o beta do capital próprio ( $\beta$ ) aumenta devido ao incremento da alavancagem financeira. Assume-se que o risco operacional ( $\beta_0$ ) permaneça constante, inclusive diante de alterações na razão dívida-capital próprio.

Destacando o beta desalavancado:

$$\beta_0 = \left( \frac{\beta + \beta_d (1 - T) \left( \frac{D}{CP} \right)}{1 + (1 - T) \left( \frac{D}{CP} \right)} \right)$$

O principal problema para efetuar o ajuste necessário do beta reside no fato de que é praticamente impossível medir estatisticamente beta da dívida ( $\beta_d$ ). Para tanto, precisaria-se de um mercado em que fossem negociadas dívidas, o que provavelmente não estaria disponível para análise. A fim de resolver esse problema, pode-se supor que a dívida seja livre de risco, ou seja, que a probabilidade de a empresa não honrar seus compromissos financeiros seja praticamente nula. Desse modo, o beta desalavancado poderá ser aproximado por:

$$\beta_0 = \left( \frac{\beta}{1 + (1 - T) \frac{D}{CP}} \right)$$

Essa expressão permite expurgar a lavancagem financeira do beta, ou seja, ele calcula um beta sem alavancagem financeira. Assim, pode ser usada para calcular o beta desalavancado quando a dívida não apresenta risco de mercado, isto é, quando  $\beta_0$  é igual a zero (quando  $K_d = R_f$ ).

Uma vez calculado o beta desalavancado, é possível ajustá-lo às novas condições de risco (alavancagem financeira) do seguinte modo:

$$\beta_a = \beta_0 \left( 1 + (1 - T) \left( \frac{D'}{CP'} \right) \right)$$

O beta ajustado ( $\beta_a$ ) inclui a nova razão dívida-capital próprio ( $D'/CP'$ ), que pode ser a razão que vai prevalecer na empresa após o projeto, ou uma proporção-alvo calculada com base em valores de mercado. Na prática, muitas vezes, para estimar o beta desalavancado são usados valores do setor industrial, pois se considera que esses valores sejam mais estáveis que os da empresa em particular. Outro argumento a favor do uso de dados setoriais é que, no médio e longo prazos, a estrutura de capital e a rentabilidade do projeto ou da empresa tenderão a se aproximar das do setor. É recomendável que a amostra setorial se restrinja unicamente àquelas empresas que utilizam um conjunto de ativos e métodos de produção aproximadamente equivalentes aos da empresa ou do projeto em análise.

## 7.11

### Simulação de Monte Carlo

Segundo Samanez (2007) nos casos em que não se dispõe de uma expressão, fórmula analítica ou equação matemática que expresse totalmente determinado fenômeno, muitas vezes é usado um procedimento chamado simulação de Monte Carlo (SMC). Em essência, esse método permite “simular” caminhos para a evolução do fenômeno, até se encontrar uma aproximação satisfatória que o explique.

Quando é utilizada uma fórmula matemática para determinar o valor de uma variável, o resultado encontrado representa uma resposta exata, mas nem sempre reflete fielmente a realidade. Já quando é utilizada a SMC, o objetivo não é encontrar um resultado exato e único, mas a distribuição de valores que melhor descreva o comportamento do fenômeno estudado.

No caso de alguns títulos renda fixa (como os *bonds*) e instrumentos derivativos, os fluxos de caixa periódicos são dependentes de caminho. Isso significa que os fluxos de caixa recebido num período são determinados não

apenas pelas taxas de juros correntes e futuras, mas também pelo caminho seguido pelas taxas de juros para chegarem ao nível corrente.

### 7.11.1

#### **Utilizando a Simulação de Monte Carlo para Gerar Caminhos de Taxas de Juros e Fluxos de Caixa**

Para Fabozzi (1996) um modelo típico utilizado por empresas de Wall Street e operadores comerciais para gerar caminhos de taxas de juros aleatórios toma como input a estrutura a prazo, atual, de taxas de juros e uma suposição de volatilidade. A estrutura a prazo de taxas de juros é a curva teórica de taxas spot (ou de cupom zero) implícita nos títulos atuais do Tesouro. A suposição de volatilidade determina a dispersão das taxas de juros futuras na simulação. As simulações devem ser normalizadas para que o preço médio simulado de um *bond* do Tesouro de cupom zero seja igual ao preço atual efetivo.

Cada modelo possui seu próprio modelo de evolução de taxas de juros futuras e suas próprias suposições de volatilidade. Os caminhos aleatórios das taxas de juros devem ser gerados a partir de um modelo livre de arbitragem da estrutura a prazo futura de taxas de juros. Por livre de arbitragem quer se dizer que o modelo deve replicar a estrutura a prazo de taxas de juros atual, um input do modelo, e que para todas as datas futuras não haverá qualquer arbitragem possível no modelo.

Dado o fluxo de caixa de um caminho de taxa de juros, seu valor presente pode ser calculado. A taxa de desconto para a determinação do valor presente é a taxa spot simulada para cada mês do caminho de taxas de juros acrescida de um *spread* apropriado. A taxa spot do caminho pode ser determinada a partir de taxas mensais futuras simuladas. O relacionamento entre taxas *spot* simulada para o mês  $T$  do caminho  $n$  e as taxas mensais futuras simuladas é:

$$z_t(n) = \{[1 + f_1(n)][1 + f_2(n)] \dots [1 + f_T(n)]\}^{1/T} - 1$$

onde:

$z_t(n)$  = taxa *spot* simulada para o mês  $T$  no caminho  $n$ ;

$f_t(n)$  = taxa futura de um mês simulada para o mês  $T$  no caminho  $n$ ;

A figura abaixo mostra  $N$  cenários simulados de taxas de juros. Cada cenário consiste em um caminho de 360 taxas de juros mensais futuras simuladas.

<i>mês</i>	1	2	3	...	$n$	...	$N$
1	$f_1(1)$	$f_1(2)$	$f_1(3)$		$f_1(n)$		$f_1(N)$
2	$f_2(1)$	$f_2(2)$	$f_2(3)$		$f_2(n)$		$f_2(N)$
3	$f_3(1)$	$f_3(2)$	$f_3(3)$		$f_3(n)$		$f_3(N)$
4	$f_4(1)$	$f_4(2)$	$f_4(3)$		$f_4(n)$		$f_4(N)$
.							
.							
.							
$t$	$f_t(1)$	$f_t(2)$	$f_t(3)$		$f_t(n)$		$f_t(N)$
.							
.							
.							
358	$f_{358}(1)$	$f_{358}(2)$	$f_{358}(3)$		$f_{358}(n)$		$f_{358}(N)$
359	$f_{359}(1)$	$f_{359}(2)$	$f_{359}(3)$		$f_{359}(n)$		$f_{359}(N)$
360	$f_{360}(1)$	$f_{360}(2)$	$f_{360}(3)$		$f_{360}(n)$		$f_{360}(N)$

Notação:  $f_t(n)$ , taxas de juros de um mês para o mês  $t$  no caminho  $n$ ;  $N$ , número total de caminhos de taxas de juros.

Figura 7: Caminhos Simulados de Taxas de Juros Futuros de Um Mês.

A figura 8 mostra os caminhos de uma taxa simulada de refinanciamento correspondente aos cenários mostrados na figura 7.

<i>mês</i>	1	2	3	...	<i>n</i>	...	<i>N</i>
1	$r_1(1)$	$r_1(2)$	$r_1(3)$		$r_1(n)$		$r_1(N)$
2	$r_2(1)$	$r_2(2)$	$r_2(3)$		$r_2(n)$		$r_2(N)$
3	$r_3(1)$	$r_3(2)$	$r_3(3)$		$r_3(n)$		$r_3(N)$
4	$r_4(1)$	$r_4(2)$	$r_4(3)$		$r_4(n)$		$r_4(N)$
.							
.							
.							
<i>t</i>	$r_t(1)$	$r_t(2)$	$r_t(3)$		$r_t(n)$		$r_t(N)$
.							
.							
.							
358	$r_{358}(1)$	$r_{358}(2)$	$r_{358}(3)$		$r_{358}(n)$		$r_{358}(N)$
359	$r_{359}(1)$	$r_{359}(2)$	$r_{359}(3)$		$r_{359}(n)$		$r_{359}(N)$
360	$r_{360}(1)$	$r_{360}(2)$	$r_{360}(3)$		$r_{360}(n)$		$r_{360}(N)$

Figura 8: Caminhos Simulados de Taxas de Refinanciamento.

Supondo que essas taxas de refinanciamento da figura 8, o fluxo de caixa para cada caminho simulado é mostrado na figura 9, a seguir.

<i>mês</i>	1	2	3	...	<i>n</i>	...	<i>N</i>
1	$C_1(1)$	$C_1(2)$	$C_1(3)$		$C_1(n)$		$C_1(N)$
2	$C_2(1)$	$C_2(2)$	$C_2(3)$		$C_2(n)$		$C_2(N)$
3	$C_3(1)$	$C_3(2)$	$C_3(3)$		$C_3(n)$		$C_3(N)$
4	$C_4(1)$	$C_4(2)$	$C_4(3)$		$C_4(n)$		$C_4(N)$
.							
.							
.							
<i>t</i>	$C_t(1)$	$C_t(2)$	$C_t(3)$		$C_t(n)$		$C_t(N)$
.							
.							
.							
358	$C_{358}(1)$	$C_{358}(2)$	$C_{358}(3)$		$C_{358}(n)$		$C_{358}(N)$
359	$C_{359}(1)$	$C_{359}(2)$	$C_{359}(3)$		$C_{359}(n)$		$C_{359}(N)$
360	$C_{360}(1)$	$C_{360}(2)$	$C_{360}(3)$		$C_{360}(n)$		$C_{360}(N)$

Figura 9: Fluxo de Caixa Simulado em Cada um dos Caminhos de Taxas de Juros.

Consequentemente, o caminho das taxas de juros para as taxas futuras de um mês pode ser convertido para o caminho de taxas de juros para as taxas *spot* mensais simuladas conforme a figura 9, a seguir.

<i>mês</i>	1	2	3	...	<i>n</i>	...	<i>N</i>
1	$z_1(1)$	$z_1(2)$	$z_1(3)$		$z_1(n)$		$z_1(N)$
2	$z_2(1)$	$z_2(2)$	$z_2(3)$		$z_2(n)$		$z_2(N)$
3	$z_3(1)$	$z_3(2)$	$z_3(3)$		$z_3(n)$		$z_3(N)$
4	$z_4(1)$	$z_4(2)$	$z_4(3)$		$z_4(n)$		$z_4(N)$
.							
.							
<i>z</i>							
<i>t</i>	$z_t(1)$	$z_t(2)$	$z_t(3)$		$z_t(n)$		$z_t(N)$
.							
.							
.							
358	$z_{358}(1)$	$z_{358}(2)$	$z_{358}(3)$		$z_{358}(n)$		$z_{358}(N)$
359	$z_{359}(1)$	$z_{359}(2)$	$z_{359}(3)$		$z_{359}(n)$		$z_{359}(N)$
360	$z_{360}(1)$	$z_{360}(2)$	$z_{360}(3)$		$z_{360}(n)$		$z_{360}(N)$

Figura 10: Caminhos Simulados de Taxas de Juros *Spot* Mensais

Portanto, o valor presente do fluxo de caixa para o mês  $T$  no caminho de taxas de juros  $n$ , descontado pela taxa *spot* simulada para o mês  $T$  acrescida de algum spread é:

$$PV[C_T(n)] = \frac{C_T(n)}{[1 + z_T(n) + K]^{1/T}}$$

Onde:

$PV[C_T(n)]$  = valor presente do fluxo de caixa para o mês  $T$  no caminho  $n$ ;

$C_T(n)$  = fluxo de caixa para o mês  $T$  no caminho  $n$ ;

$Z_T(n)$  = taxas *spot* para o mês  $T$  no caminho  $n$ ;

$K$  = *spread* ajustado para o risco adequado.

O valor presente para o caminho  $n$  é a soma do valor presente do fluxo de caixa de cada mês no caminho  $n$ . Ou seja,

$$PV[\text{caminho}(n)] = (1/360) \{PV[C_1(n)] + PV[C_2(n)] + \dots + PV[C_{360}(n)]\}$$

onde  $PV[\text{caminho}(n)]$  é o valor do caminho de taxas de juros  $n$ .

## 7.12

### Alavancagem financeira: risco financeiro

Para Samanez (2007) a alavancagem financeira pode ser definida como a capacidade de usar os custos financeiros fixos para aumentar os efeitos das variações das sobre o lucro por ação (LPA), ou sobre a rentabilidade do capital próprio (rentabilidade dos acionistas).

O grau de alavancagem financeira (GAF) pode ser calculado como o quociente entre a variação do lucro disponível aos acionistas ordinários (LDA) e a variação do LAJIR:

$$GAF = \frac{\Delta\%LDA}{\Delta\%LAJIR}$$

$$= \frac{\Delta[Q(P - C_v) - CFT - Juros] / [Q(P - C_v) - CFT - Juros]}{\Delta[Q(P - C_v) - CFT] / [Q(P - C_v) - CFT]}$$

$$= \frac{[Q(P - C_v) - CFT]}{[Q(P - C_v) - CFT - Juros]}$$

$$GAF = \frac{LAJIR}{LAJIR - JUROS}$$

Pelo balanço da Petrobras encontrado na sua página da internet a empresa no ano de 2013 teve um LAJIR de R\$ 34,364 bilhões. As despesas com juros foi de R\$ 5,795 bilhões. Dessa forma, utilizando a fórmula acima podemos calcular o GAF da Petrobras:



$$GAF = \frac{34,364}{34,364 - 5,795} = 1,20$$

Segundo Samanez (2007) quando o GAF é maior do que 1 há alavancagem. Por isso, dado que o GAF da Petrobras é 1,20 conforme calculado, a empresa está alavancada.

## 8

### A Emissão de *Bonds* de US\$ 11 Bilhões da Petrobras

A Petrobras tem um dos maiores planos de investimentos do mundo. Segundo o website da empresa haverá investimentos do ano de 2013 a 2017 da ordem de US\$ 247 milhões. Grande parte dos recursos para financiar esse plano de investimentos virá do mercado de capitais internacionais através da emissão de *bonds*. Dessa forma, em 20 de maio de 2013, a companhia acessou esse mercado emitindo US\$ 11 bilhões em *bonds* no mercado americano, a maior emissão de *bonds* para um emissor de mercados emergentes da história e uma das maiores do mundo de todos os tempos.

Tabela 11: As Maiores Emissões de *Bonds* do Mundo

Ranking	Data	Emissor	Valor (USD)
1	30/04/2013	Apple	17 bilhões
2	05/11/2011	AbbVie	14,7 bilhões
3	18/02/2009	Roche	13,5 bilhões
4	17/03/2009	Pfizer Inc	13,5 bilhões
5	13/03/2013	Petrobras	11 bilhões

Fonte: International Finance Review (IFR)

#### 8.1

#### A emissão de US\$ 11 bilhões de *bonds* pela Petrobras

Segundo a International Finance Review (IFR) a emissão de *bonds* da Petrobras iniciou-se na segunda-feira de 20 de maio de 2013 às 6:00h de Nova York. A Petrobras anunciou para o mercado que iria fazer uma emissão de *bonds* em dólares americanos em 6 tranches (ou séries), sendo 4 tranches com taxas fixas e 2 tranches com taxa flutuante (*Floating Rate Notes - FRN*). A emissão teve os preços iniciais estimados (*Initial Price Thoughts - IPT*) informados pelo *Bondradar* conforme tabela a seguir:

Tabela 12: Initial Price Thoughts (IPT)

Tranche	Spread (bps)
3 anos Fixa	205
3 anos Flutuante	195
6 anos Fixa	250
6 anos Flutuante	235
10 anos Fixa	275
30 anos Fixa	285

Fonte: *Bond Radar*

Os *bonds* da Petrobras tiveram enorme demanda o que fez com que os spread dos papéis fossem revistos (*Revised Guidance*) para baixo. Assim às 12:00h de Nova York outros níveis de spread foram anunciados ao mercado (conforme tabela abaixo).

Tabela 13: Revisão de Preço (*Revised Guidance*)

Tranche	Spread (bps)	Diferença para IPT (bps)
3 anos Fixa	180	25
3 anos Flutuante	167	28
6 anos Fixa	235	15
6 anos Flutuante	219	16
10 anos Fixa	265	10
30 anos Fixa	270	15

Fonte: *Bond Radar*

A demanda pelos papéis continuaram muito expressiva. Isso representou uma demanda de US\$ 40 bilhões por parte dos investidores. Assim, durante o lançamento da emissão (*launch*) às 13:30h de Nova York os spreads foram revistos ainda mais para baixo de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 14: Lançamento (*Launch*)

Tranche	Spread (bps)	Diferença para IPT (bps)
3 anos Fixa	175	30
3 anos Flutuante	162	33
6 anos Fixa	230	20
6 anos Flutuante	214	21
10 anos Fixa	260	15
30 anos Fixa	265	20

Fonte: *Bond Radar*

A emissão foi precificada nesses níveis às 17:30h de Nova York tendo a demanda atingido US\$ 42,2 bilhões ou 3,8 vezes o valor total emitido de US\$ 11 bilhões.

## 8.2

### ***Bonds da Petrobras***

A Petrobras até o mês de Setembro de 2014 tem um total de 34 *bonds outstanding*, isto é, *bonds* que ainda não venceram. Os *bonds outstanding* da Petrobras com suas respectivas datas de emissão, datas de vencimento, moeda e valor outstanding se encontram na tabela a seguir.

Tabela 15: *Bonds Outstanding* da Petrobras (até Setembro de 2014)

<i>Bond</i>	Data Emissão	Data Vencimento	Moeda	Outstanding
PETBRA 0 05/20/20	13/06/2014	20/05/2020	BRL	800.000.000,00
PETBRA 4 3/4 01/14/25	14/01/2014	14/01/2025	EUR	800.000.000,00
PETBRA 2 3/4 01/15/18	14/01/2014	15/01/2018	EUR	1.500.000.000,00
PETBRA 3 3/4 01/14/21	14/01/2014	14/01/2021	EUR	750.000.000,00
PETBRA 3 1/4 04/01/19	01/10/2012	01/04/2019	EUR	1.300.000.000,00
PETBRA 4 1/4 10/02/23	01/10/2012	02/10/2023	EUR	700.000.000,00
PETBRA 4 7/8 03/07/18	09/12/2011	07/03/2018	EUR	1.250.000.000,00
PETBRA 5 7/8 03/07/22	09/12/2011	07/03/2022	EUR	600.000.000,00
PETBRA 6 5/8 01/16/34	14/01/2014	16/01/2034	GBP	600.000.000,00
PETBRA 6 1/4 12/14/26	12/12/2011	14/12/2026	GBP	700.000.000,00
PETBRA 5 3/8 10/01/29	01/10/2012	01/10/2029	GBP	450.000.000,00
PETBRA 2.15 09/27/16	27/09/2006	27/09/2016	JPY	35.000.000.000,00
PETBRA 4 3/8 05/20/23	20/05/2013	20/05/2023	USD	3.500.000.000,00
PETBRA 3 01/15/19	20/05/2013	15/01/2019	USD	2.000.000.000,00
PETBRA 5 3/8 01/27/21	27/01/2011	27/01/2021	USD	5.250.000.000,00
PETBRA 6 1/4 03/17/24	17/03/2014	17/03/2024	USD	2.500.000.000,00
PETBRA 5 5/8 05/20/43	20/05/2013	20/05/2043	USD	1.750.000.000,00
PETBRA 6 3/4 01/27/41	27/01/2011	27/01/2041	USD	2.250.000.000,00
PETBRA 4 7/8 03/17/20	17/03/2014	17/03/2020	USD	1.500.000.000,00
PETBRA 7 7/8 03/15/19	11/02/2009	15/03/2019	USD	2.750.000.000,00
PETBRA 0 01/15/19	20/05/2013	15/01/2019	USD	1.500.000.000,00
PETBRA 7 1/4 03/17/44	17/03/2014	17/03/2044	USD	1.000.000.000,00
PETBRA 5 3/4 01/20/20	30/10/2009	20/01/2020	USD	2.500.000.000,00
PETBRA 6 7/8 01/20/40	30/10/2009	20/01/2040	USD	1.500.000.000,00
PETBRA 5 7/8 03/01/18	01/11/2007	01/03/2018	USD	1.750.000.000,00
PETBRA 3 1/2 02/06/17	06/02/2012	06/02/2017	USD	1.750.000.000,00
PETBRA 3 7/8 01/27/16	27/01/2011	27/01/2016	USD	2.500.000.000,00
PETBRA 0 03/17/20	17/03/2014	17/03/2020	USD	500.000.000,00
PETBRA 3 1/4 03/17/17	17/03/2014	17/03/2017	USD	1.600.000.000,00
PETBRA 8 3/8 12/10/18	10/12/2003	10/12/2018	USD	576.780.000,00
PETBRA 2 05/20/16	20/05/2013	20/05/2016	USD	1.250.000.000,00
PETBRA 6 1/8 10/06/16	06/10/2006	06/10/2016	USD	899.100.000,00
PETBRA 0 05/20/16	20/05/2013	20/05/2016	USD	1.000.000.000,00
PETBRA 2 7/8 02/06/15	06/02/2012	06/02/2015	USD	1.250.000.000,00
PETBRA 0 03/17/17	17/03/2014	17/03/2017	USD	1.400.000.000,00

Fonte: Bloomberg

A maioria dos *bonds* da Petrobras são *bullet* (principal é pago somente na data de vencimento). Em sua maioria os *bonds* também tem taxa de juros fixa, a exceção são os 2 *bonds* emitidos em 2013 e outros 2 *bonds* emitidos no ano de 2014, que tem juros trimestrais flutuantes calculados com base na Libor de 3 meses.

### 8.3

#### ***T-Spread, G-Spread e New Issue Premium (NIP)***

Para se entender a forma de precificar um *bond* é necessário entender os conceitos de *T-Spread*, *G-Spread* e *New Issue Premium (NIP)*. Isso será feitos nas seções a seguir.

#### 8.3.1

##### **O *T-Spread***

O *T-Spread* é o valor da diferença entre o *yield* do *bond* e a *treasury* de referência do *bond*. Por exemplo, um *bond* com 10 anos de vencimento terá a *treasury* de 10 anos com referência. Graficamente, poderíamos visualizar melhor o valor do *T-Spread*.

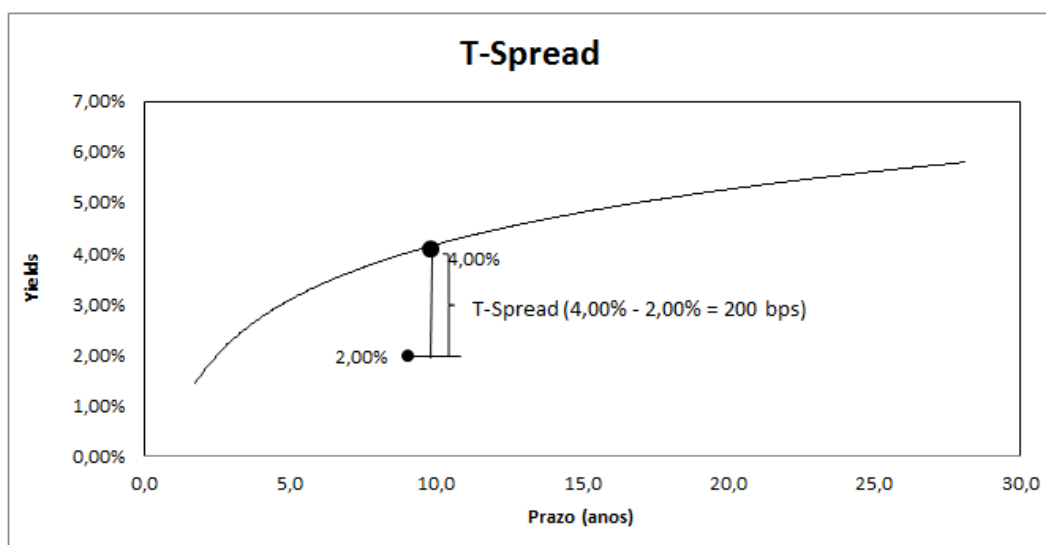


Figura 11: Valor do *T-Spread*.

Dessa forma, teríamos a fórmula do *T-Spread* como sendo:

$$T - Spread = Yield_{Bond} - Yield_{Treasury\_de\_Referência}$$

É importante notar que o vencimento da *treasury* acima é mais curta que o do *bond*, muito provavelmente porque a *treasury* foi emitida antes desse *bond*.

### 8.3.2

#### O G-Spread

O G-Spread é o valor da diferença entre o *yield* do *bond* e a *treasury* interpolada para o prazo do *bond*. Por exemplo, para um *bond* com 10 anos de vencimento interpoláramos a curva das *treasuries* para 10 anos de vencimento e fariamos a diferença do *yield* do *bond* para esse *yield* das *treasuries* interpoladas para 10 anos. O G-Spread pode ser visualizado no gráfico abaixo:

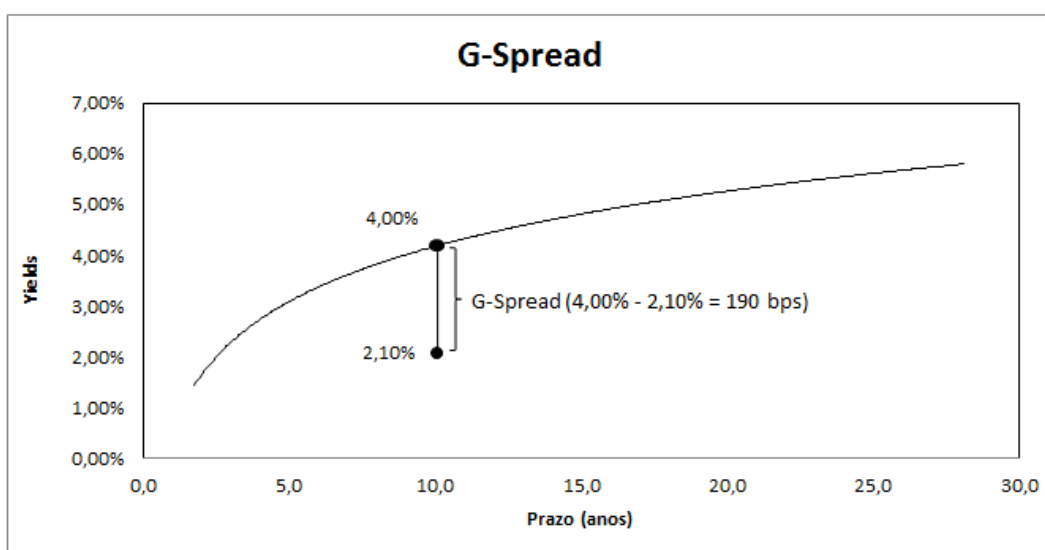


Figura 12: G-Spread.

Assim, a fórmula do G-Spread seria:

$$G - Spread = Yield_{Bond} - Yield_{Treasury\_Interpolada}$$

### 8.3.3

#### O NIP (*New Issue Premium*)

O *NIP* (*New Issue Premium*) ou *NIC* (*New Issue Concession*) é o prêmio pago para o investidor para adquirir o novo *bond*. O *NIP* pode ser visto também como a diferença entre o *yield* do novo *bond* e o valor do *yield* imediatamente antes da emissão para o mesmo prazo do novo *bond* emitido. Graficamente poderíamos ter uma idéia melhor do valor do *NIP* de uma emissão. Isso pode ser visto na figura abaixo:

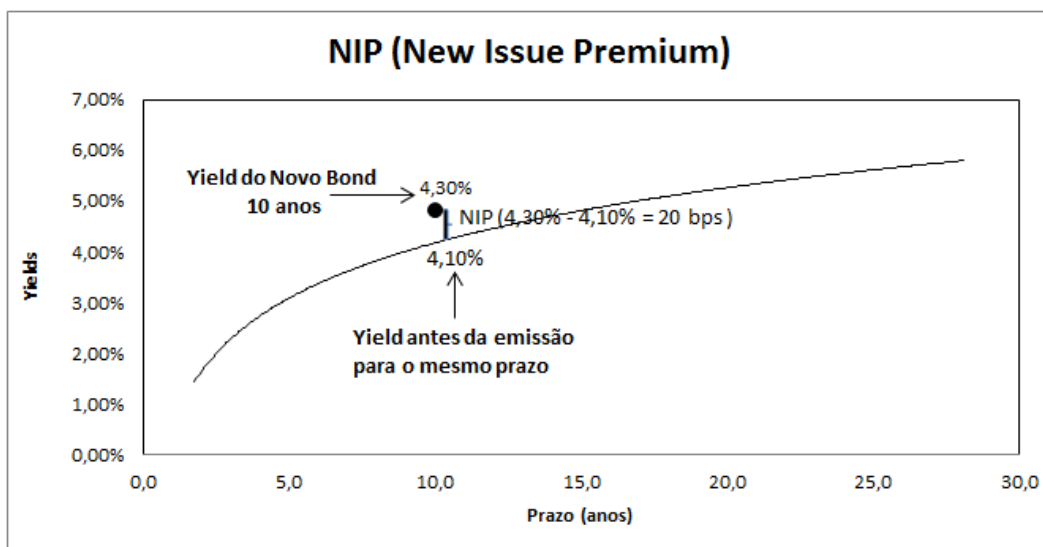


Figura 13: Valor do NIP.

Dessa forma, podemos teríamos a fórmula do *NIP* como sendo:

$$NIP = Yield_{ApósEmissão} - Yield_{AntesEmissão}$$

### 8.4

#### Precificação

Para se ter uma estimativa prévia dos spreads dos novos *bonds* a serem emitidos em maio de 2013 pode-se utilizar a *yield* curve já existente da Petrobras. Um forma de construir essa *yield* curve é utilizar os *bonds* mais líquidos da empresa. Dessa forma, foi construída nesse trabalho a *yield* curve da Petrobras com base nos *bonds* emitidos pela empresa em USD no ano de 2012 que estavam



líquidos na época da emissão. A descrição desses *bonds* encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 16: *Bonds* de Referência.

<i>Bond</i>	Data Emissão	Data Vencimento	Moeda	Outstanding
PETBRA 2 7/8 02/06/15	06/02/2012	06/02/2015	USD	1.250.000.000,00
PETBRA 3 1/2 02/06/17	06/02/2012	06/02/2017	USD	1.750.000.000,00
PETBRA 5 3/8 01/27/21	27/01/2011	27/01/2021	USD	5.250.000.000,00
PETBRA 6 3/4 01/27/41	27/01/2011	27/01/2041	USD	2.250.000.000,00

Fonte: Bloomberg

Com base nesses 4 *bonds* pode-se construir a *yield* curve da Petrobras conforme figura abaixo.

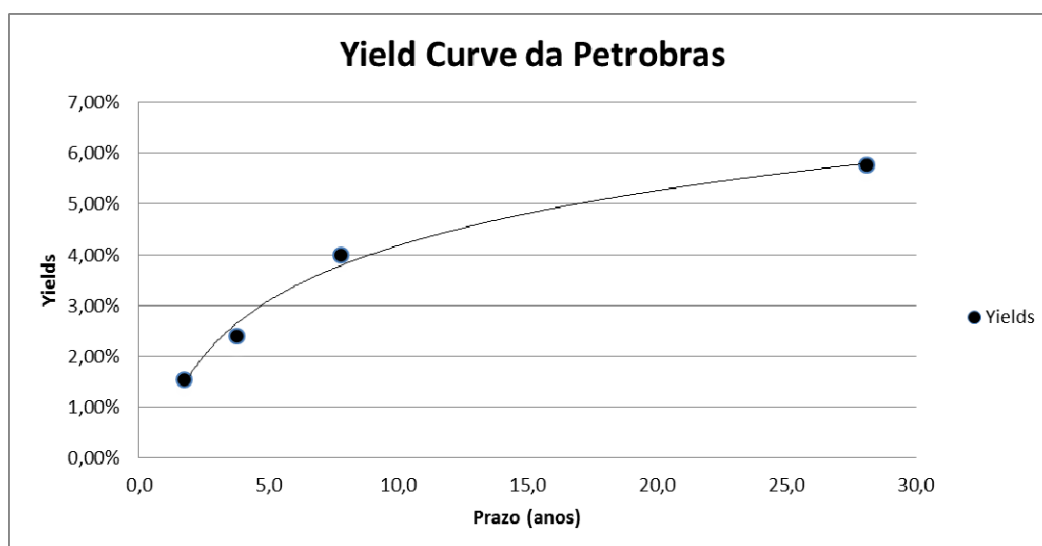


Gráfico 2: *Yield* Curve da Petrobras.

As tabelas abaixo mostram os cálculos detalhados da precificação baseados nesses valores.

Tabela 17: Cálculos da Precificação.

*Bonds de Referência*

Data Emissão	Data de Vencimento	Prazo Médio (anos)	Bid Yield	G-Spread (bps)
06/02/2012	06/02/2015	1,8	1,54%	132
06/02/2012	06/02/2017	3,8	2,41%	185
27/01/2011	27/01/2021	7,8	3,99%	252
27/01/2011	27/01/2041	28,1	5,76%	273

Fonte: Bloomberg

Tabela 18: Precificação da Emissão.

Data Emissão	Data Vencimento	Prazo Médio (anos)	G-Spread Interpolado (bps)	NIP (bps)	Spread Teórico (bps)
20/05/2013	20/05/2016	3,1	166	10	176
20/05/2013	15/01/2019	5,7	218	10	228
20/05/2013	20/05/2023	10,2	254	10	264
20/05/2013	20/05/2043	30,4	273	10	283

Fonte: Bloomberg

Não se pode acertar com exatidão os novos números da precificação, os preços dos novos *bonds* não dependerão apenas dos custos dos *bonds* atuais do emissor mais também da oferta e da demanda dos investidores. No entanto, a metodologia esta aderente como comprova a tabela 9 que mostra a diferença dos números encontrados pelo modelo de precificação e pela precificação dos novos *bonds*. A maior diferença encontrada foi de 16 bps relacionada ao novo *bond* com vencimento em 2043. Isso pode ter sido pelo fato da maior demanda existente por esse *bond* o que permitiu uma redução de preço ainda maior.

## Conclusões

### 9.1

#### Discussões sobre as questões da pesquisa

Esse trabalho teve como objetivo dissertar sobre a emissão de *bonds* da Petrobras de US\$ 11 bilhões em 2013, uma das maiores do mundo conforme foi dito anteriormente. Esse modelo de precificação levou em consideração os *bonds on-the-run* (mais líquidos) da Petrobras. De forma simplificada, o modelo se resume na interpolação do G-Spread (spread acima da *treasury* interpolada) desses *bonds* adicionando a esse valor um *new issue premium (NIP)*, também chamado de *new issue concession (NIC)*, que é um prêmio pago pelos emissores para uma nova emissão de *bonds*.

Inúmeros modelos existem para precificar taxas de juros como os modelos de Merton (1973), de Vasicek (1977) e de Cox, Ingersoll e Ross (1985). Esse trabalho dissertou sobre esses modelos, mas não teve como objetivo a aplicação deles. A idéia dessa tese foi precificar os *bonds* da Petrobras tal como faz o mercado financeiro. Talvez a aplicação desses modelos não trouxesse resultados tão aderentes como a metodologia demonstrada, visto que essa metodologia apesar de simples teve grande aderência a precificação final da emissão conforme já foi dito.

Adicionalmente, é importante dizer que essa emissão da Petrobras foi feita num excelente momento do mercado de *bonds* norte-americanos. Conforme pode-se ver na figura 11 e na tabela 19 abaixo os *yields* desses *bonds* após a emissão subiram consideravelmente o que significa que caso a Petrobras emitisse esses *bonds* mais adiante pagaria mais caro por essa emissão.

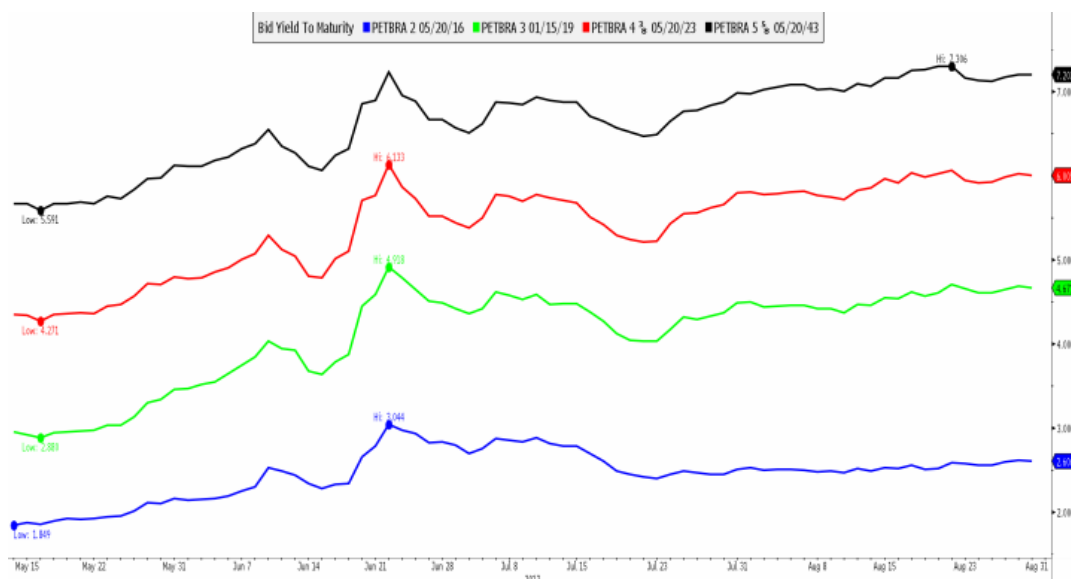


Figura 14: Subida dos yields.

Tabela 19: Subida dos Yields

	13/05/2013	14/08/2013	Diferença (bps)
PETBRA 2 05/20/16	2,144%	2,487%	34
PETBRA 3 01/15/19	3,125%	4,457%	133
PETBRA 4 3/8 05/20/23	4,522%	5,860%	134
PETBRA 5 5/8 05/20/43	5,764%	7,064%	130

Fonte: Bloomberg

## 9.2

### Propostas para trabalhos futuros

A grande maioria dos bonds da Petrobras foram emitidos em dólares norte-americanos (US\$). Como já foi dito, esse trabalho teve como objetivo dissertar sobre a maior emissão em US\$ da Petrobras de US\$ 11 bilhões realizada no ano de 2013. Além dessas emissões em US\$, a Petrobras desde o ano de 2011 vêm emitindo também bonds em moedas diferentes de dólares norte-americanos como euros (EUR) e libras-esterlinas (GBP). É uma forma de acessar nova base de investidores (os investidores europeus) e aproveitar bons momentos que podem estar ocorrendo em outros mercados diferentes do mercado norte-americano. Os bonds emitidos pela Petrobras em EUR e GBP estão listados na figura 15 abaixo.

Bond	Data Emissão	Data Vencimento	Moeda	Outstanding
PETBRA 4 3/4 01/14/25	14/01/2014	14/01/2025	EUR	800.000.000,00
PETBRA 2 3/4 01/15/18	14/01/2014	15/01/2018	EUR	1.500.000.000,00
PETBRA 3 3/4 01/14/21	14/01/2014	14/01/2021	EUR	750.000.000,00
PETBRA 3 1/4 04/01/19	01/10/2012	01/04/2019	EUR	1.300.000.000,00
PETBRA 4 1/4 10/02/23	01/10/2012	02/10/2023	EUR	700.000.000,00
PETBRA 4 7/8 03/07/18	09/12/2011	07/03/2018	EUR	1.250.000.000,00
PETBRA 5 7/8 03/07/22	09/12/2011	07/03/2022	EUR	600.000.000,00
PETBRA 6 5/8 01/16/34	14/01/2014	16/01/2034	GBP	600.000.000,00
PETBRA 6 1/4 12/14/26	12/12/2011	14/12/2026	GBP	700.000.000,00
PETBRA 5 3/8 10/01/29	01/10/2012	01/10/2029	GBP	450.000.000,00

Figura 15: Bonds em EUR e GBP

Fonte: Bloomberg

Dessa forma, da mesma forma que esse trabalho mostrou uma metodologia de precificação de bonds em dólar-americanos uma idéia para trabalhos futuros seria a descrição de uma metodologia para precificar bonds nessas outras moedas, tais como, EUR e GBP.

Outra idéia para um futuro trabalho seria criar um modelo de precificação para moedas que a Petrobras não tem emissões ainda, tal como o franco suíço (CHF). Talvez esse fosse um modelo difícil de desenvolver porquê até então a Petrobras não tem emissões nessa moeda, de forma que não existe curva em CHF para ser interpolada. Nesse caso, as curvas já existentes em USD em EUR poderiam servir como parâmetros para uma curva teórica em CHF, por exemplo, ou para outras moedas diferentes do EUR e da GBP.

## Referências bibliográficas

ALLEN, L.S. & KLEINSTEIN, D.A. Valuing Fixed Income Investments and derivative securities: cash flow analysis and calculations. **New York Institute of Finance**, 1991.

AMADOU, N.R. Emerging Market Bond Spreads and Sovereign Credit Ratings: Reconciling Market Views with Economic Fundamentals. **International Monetary Fund**, Working Paper (WP/01/165), outubro de 2001.

AMIRA, K. Determinants of Sovereign Eurobonds Yield Spreads. **Journal of Business Finance & Accounting**, v. 31, p. 5-6, 2004.

ARAÚJO, E.D. Modelo de precificação de bonds: uma análise evolutiva. São Paulo, 2000. Tese (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação da FGV/EAESP. Área de concentração administração contábil-financeira.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ASSUNÇÃO, O.P.I.C. Modelo de Vasicek com volatilidade estocástica. Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, 2013.

BARR, D.G.; PRIESTLEY, R. Expected returns, risk and integration of international bond markets. **Journal of International Money and Finance**, v. 23, p. 71-97, 2004.

BENINGA, S. Financial Modeling, Using Excel, capítulo 4, **Massachusetts Institute of Technology**, 1999.

BLACK, F.; DERMAN, E. & TOY, W. A one-factor model of Interest rates and its application to treasury bonds options. **Financial Analysis Journal**, p. 33-39. Jan/Feb, 1990.

BLACK, F. & SCHOLES, M. The valuation of options end corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, p. 637-54, May/June, 1973.

BLOOMBERG site. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com>>. Acesso em: abril de 2014.

BLOCK, S.A.; VAALER, P.M. The price of democracy: sovereign risk ratings, bonds spreads and political business cycles in the developing countries. **Journal of International Money and Finance**, v. 23, p. 917-946, 2004.

BOND MARKET ASSOCIATION site. Disponível em: <<http://bondmarkets.com>>. Acesso em: abril de 2014.

BOND RADAR. Disponível em: <<http://www.bondradar.com>>. Acesso em: abril de 2014.

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C. **Finanças Corporativas: Financiamento e Gestão de Risco**. Tradução: Robert Bryan Taylor. Porto Alegre: Bookman, 2005.

BRENNAN, M.J. & SCHWARTZ, E.S. A continuous time approach to the pricing of bonds. **Journal of Banking and Finance**, v. 3, p. 133-155, 1979.

CANTOR, R. & PACKER, F. Sovereign Credit Ratings, **Current Issues in Economics and Finance**, v. 1, n. 3, junho de 1995.

Credit *Ratings* and the Recent Crises, **International Capital Markets**, anexo 5, 1999.

COPELAND, T.E.; WESTON, J.F. **Financial Theory and Corporate Policy**. 3<sup>a</sup> ed. New York: Addison Weley Publishing Company, 1988.

BRIGHAM, E.F.; GAPENSKI, L.C.; EHRHARDT, M.C. **Administração Financeira: Teoria e Prática**. Tradução GUIMARÃES, A.L; SALAZAR, J.N.A. São Paulo: Atlas, 2001.

CLARKE, N. **The economist intelligence unit to eurobonds**. McGraw-Hill Inc. New York, 1993.

COX, J.C.; INGERSOLL Jr., J.E. & ROSS, S.A. A theory of the term structure of interest rates. **Econometrica**, vol. 53, N. 2, p. 38S-407, 1985.

CULBERTSON, J.M. The term structure of interest rates. **Quarterly Journal of Economics**. p. 485-517, November, 1957.

DA SILVA, A. **Mercados Financeiros, Monetário e de Capitais**, IBMEC, 2001.

DA SILVA, A.P. **Tópicos Especiais em Mercados Financeiros, Monetários e de Capitais**. IBMEC, 2002.

Determinants and Impact of Sovereign Credit *Ratings*, Federal Reserve Bank of New York, Economic Policy Review, outubro de 1996.

DURBIN, E.; NG, D. The sovereign ceiling and emerging market corporate bond spreads. **Journal of International Money and Finance**, v. 24, p. 631-649, 2005.

ELTON, E.J. **Debt instruments and Markets, Lecture Notes**. New York: Stern School of Business, Fall 1999.

EMERGING MARKETS TRADERS ASSOCIATION (EMTA). Disponível em: <<http://www.emta.org>>. Acesso em abril de 2014.

FABOZZI, F.J. **Bond markets, analysis and strategies**. 3ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA; Prentice Hall, 1996, 595p.

FARREL, Jr. J. **Portfolio Management, Theory and Application**. McGraw Hill, 1997.

FISHER, I. Appreciation and interest. **Publications of the American Economic Association**, XI, August, 1986.

FISHER, L. & WEIL, R.L. Coping with the risk of market-rate fluctuations: returns to bondholders from naive and optimal strategies. **Journal of Business**, 44, p. 408-431, 1977.

FRANCIS, J.C. **Investments: analysis and management**. 5.ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1991. 825p.

GARBADE, K.D. **Fixed income analytics**. 2ed, Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press, 199, 472p.

GRANVILLE, O. DE LA. Bond Pricing and Portfolio Analysis, **Mit Press**, 2001.

GREENE, W.H. Econometric Analysis. 3ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall, 1997. 1075p.

GROSSI, J. E.S. Modelo discreto de apreçamento de derivativos de taxas de juros com saltos devidos às decisões do comitê de política monetária do Banco Central do Brasil. Tese de Mestrado. Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

HAUGEN, A.R. Modern Investment Theory, Prentice Hall, 1997.

HICKS, J.R. Value and capital. 2ed. London: Oxford University Press, 1946, p. 141-145.

HO, T.S. Y. e LEE, S. B. Term structure movements and pricing Interest rate contingent claims. **The Journal of Finance**, Vol. XLI, N. 5, p. 1011-1029, 1986.

INVESTOPEDIA site. Disponível em: <<http://www.investopedia.com>>. Acesso em: abril de 2014.

International Monetary Fund (IMF). Emerging Markets in the New Financial System: Nonstandard Responses to External Pressure and the Role of the Major Credit Rating Agencies in Global Financial Markets, **International Capital Markets**, 1999.

KAMIN, B.S. & KASSTEN, K.V. The Evolution and Determinantes of Emerging Market Credit Spreads in the 1990s, **BIS Working Papers** nº 68, de maio de 1999.

LIMA, I.S.; LIMA, GERLANDO A.S.; PIMENTEL, R.C. **Curso de Mercado Financeiro: Tópicos Especiais**. São Paulo: Atlas, 2006.

LUENBERGER. D.G. Investment science. New York: **Oxford University Press**,



Inc, 1998. 494p.

LUTZ, F. The structure of interest rates. **Quarterly Journal of Economics**, p. 36-63, November 1940.

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

MARINHO, P. **A Pesquisa em Ciências Humanas**. São Paulo: Vozes, 1980.

MARTINS, G.A. **Epistemologia da Pesquisa em Administração**. Tese de Livre Docência. Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1994.

\_\_\_\_\_; LINTZ, A. **Guia para Elaboração de Monografias e Trabalhos de Conclusão de Curso**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

\_\_\_\_\_. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

McCONNELL, J.; SCHLARBAUM, G. The income bond puzzle. In: STERN, J. M.; CHEW JR., D.H. (Orgs.). **The revolution in corporate finance**. New York: Basil Blackwell, 1986.

MARSHALL, F.J. & BANSAL K.V. **Financial Engineering - A Complete Guide to Financial Innovation**, New York Institute of Finance, 1992.

MERTON, R.C. Theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, p. 141-83, Spring 1973.

\_\_\_\_\_. On the pricing of corporate debt the risk structure of Interest rates. **Journal of Finance**, 29, p. 449-70, May 1974.

MILLER, M. H. Debt and Taxes. **Journal of Finance**, pp. 261-275, May, 1977.

MODIGLIANI, F. & MILLER, M.H. The cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment. **American Economic Review**, pp. 261-297, July, 1958.

\_\_\_\_\_. & MILLER, M.H. Corporate Income Taxes and the Cost of Capital. **American Economic Review**, pp. 433-443, June, 1963.

MODIGLIANI, F.; SUTCH. R. Innovations in interest rate policy. **American Economic Review**, p.178-197, May 1966.

NEFTCI. S.N. **An introduction to the mathematics of financial derivatives**, New York: Academic Press, 1996, 352p.

PETROBRAS site. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br>>. Acesso em: abril de 2014.

PINA, M. **Duração, Convexidade e Imunização, Mercado Financeiro global e Administração de Risco**, Fundação Getúlio Vargas, 1996.

RAY, I.C. **The Bond Market Trading and Risk Management**, Mc Graw-Hill, 1993.

REILLY, F.K.; BROWN, K.C. **Investment Analysis and Portfolio Management**. 7ª ed. Ohio: Thomson Learning South-Western, 2003

REILLY, F.; ZINGALES, L. What do we know about capital structure ? Some evidence from international data. **The Journal of Finance**, v. 50, p. 1421-1460, 1995.

ROBERTS, R. Por dentro das finanças internacionais: guia prático dos mercados e instituições financeiras. Tradução: Monteiro, M. J. C. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2000.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração Financeira**, 2 ed. Tradução SANVICENTE, A. Z. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMANEZ, C.P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. 1.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 382p.

SARKAR, S. Early and late calls of convertible bonds: Theory and evidence. **Journal of Banking and Finance**, v. 27, p. 1349-1374, 2003.

STEINER, R. Mastering Financial Calculations, **Financial Times**, Prentice Hall, Market Editions, 1998.

VAN HORNE, J.C. **Financial market rates & flows**. 4 ed. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall, 1994. 338p.

VALLE, M.R. **O custo de captação nos mercados americano de bonds e internacional de eurobonds: uma análise das maiores empresas do setor de papel & celulose**. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. **O custo de captação nos mercados americano de bonds e internacional de eurobonds: uma análise das maiores empresas do setor de papel & celulose**. In: ENCONTRO ANUAL DE ASSOCIAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – ENANPAD, 2001, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ANPAD, 2001.

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

VENCESLAU, H.M. **Associação de um modelo teórico de curva de juros ao apreçamento de títulos públicos externos.** Brasília, 2005. Tese (Mestrado em Economia) – Depto de Economia da Universidade de Brasília.