

**METODOLOGIA PARA A APURAÇÃO DE CURVAS DE
PREÇOS E DE SPREADS TEÓRICOS DE
TÍTULOS PÚBLICOS**

**BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS
DIRETORIA TÉCNICA E DE PLANEJAMENTO
DEPARTAMENTO TÉCNICO E DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

ÍNDICE

<i>Introdução</i>	5
<i>Estrutura do trabalho</i>	6
<i>Primeira Parte: Aspectos Gerais</i>	7
1. <i>Descrição do trabalho</i>	7
2. <i>Coleta de dados e obtenção das informações</i>	8
3. <i>Filtro de dados</i>	11
3.1. <i>Faixas de determinação da variável</i>	12
3.2. <i>Procedimentos de análise</i>	13
3.3. <i>Determinação dos parâmetros</i>	14
3.4. <i>Excepcionalidades</i>	14
4. <i>CrITÉrio para a contagem de prazos</i>	14
5. <i>Curva Base</i>	15
5.1. <i>Curva Base de Taxas Prefixadas (CB_{t-T}^{PRE}):</i>	15
5.2. <i>Curva Base de Taxas de Cupom Cambial (CB_{t-T}^{CC}):</i>	16
5.3. <i>Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IGP-M (CB_{t-T}^{IGM}):</i>	16
5.4. <i>Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IPCA (CB_{t-T}^{ICA}):</i>	16
5.5. <i>Curva Base de Taxas de Cupom Cambial Limpo (CB_{t-T}^{ccl}):</i>	16
5.6. <i>Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IGP-M Limpo (CB_{t-T}^{igml}):</i>	17
5.7. <i>Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IPCA Limpo (CB_{t-T}^{ical}):</i>	18
6. <i>Curva de taxas spot</i>	19
7. <i>Spreads</i>	21
7.1. <i>Spread aditivo sobre a Curva Base:</i>	21
7.2. <i>Spread multiplicativo sobre a Curva Base:</i>	22
7.3. <i>Spread percentual sobre a Curva Base</i>	23
8. <i>Determinação do calendário e do valor dos cupons dos títulos</i>	25
9. <i>Procedimentos para a determinação do número de dias entre duas datas</i>	27
9.1. <i>Número de dias de saques-reserva</i>	28
9.2. <i>Número de dias corridos</i>	28

10. Processos empregados para interpolação e extrapolação de taxas	29
10.1 Interpolação da curva de juros	29
10.2 Interpolação do <i>spread</i> percentual	31
10.3 Extrapolação de taxas	31
11. Procedimentos para a criação de títulos “virtuais”	33
Segunda Parte – Calculando as Taxas e os Preços dos Títulos	34
1. Visão da metodologia empregada	34
2. Título Prefixado sem Cupom (LTN)	35
2.1. Características do título	35
2.2. Coleta de dados	36
2.3. Cálculo dos <i>spreads</i>	36
2.4. Interpolação das taxas de <i>yield to maturity</i>	37
2.5. Preço do título	37
2.6. Informações a serem divulgadas	37
3. Título Prefixado com Cupom (NTN-F)	37
3.1. Características do título	37
3.2. Coleta de dados	38
3.4. Cálculo dos <i>spreads</i>	40
3.5 Interpolação das taxas de <i>spot</i>	41
3.6 Preço do título	41
3.7 Informações a serem divulgadas	41
4. Título Referenciado na Taxa Diária da Selic sem Cupom (LFT)	41
4.1. Características do título	41
4.2. Coleta de informações	42
4.3. Cálculo dos <i>spreads</i>	43
4.4. Preço do título	44
4.5. Informações a serem divulgadas	45
5. Título Referenciado na Taxa de Câmbio com Cupom (NTN-D e NBC-E)	45
5.1. Características do título	45
5.2. Coleta de informações	46
5.3. Cálculo das taxas <i>spot</i>	47
5.4. Cálculo dos <i>spreads</i>	49
5.5. Interpolação das taxas <i>spot</i>	49

5.6. Preço do título	50
5.7. Informações a serem divulgadas	50
6. <i>Título Referenciado na Taxa de Inflação do IGP-M com Cupom (NTN-C)</i>	50
6.1. Características do título	50
6.2. Coleta de informações	51
6.3. Cálculo da taxa <i>spot</i>	52
6.4. Cálculo dos <i>spreads</i>	53
6.5. Interpolação das taxas de <i>yields</i>	54
6.6. Preço do título	54
6.7. Informações a serem divulgadas	54
7. <i>Título Referenciado na Taxa de Inflação do IPCA com Cupom (NTN-B)</i>	55
7.1. Características do título	55
7.2. Coleta de informações	55
7.3. Cálculo da taxa <i>spot</i>	56
7.4. Cálculo dos <i>spreads</i>	57
7.5. Interpolação das taxas de <i>yields</i>	58
7.6. Preço do título	58
7.7. Informações a serem divulgadas	59

METODOLOGIA PARA A APURAÇÃO DE CURVAS DE PREÇOS E DE SPREADS TEÓRICOS DE TÍTULOS PÚBLICOS

Introdução

A BM&F vem desenvolvendo, ao longo dos últimos anos, uma estrutura para a coleta e a difusão de taxas de juros e de preços de instrumentos financeiros da economia brasileira, voltados tanto ao uso interno, nos procedimentos de marcação a mercado de contratos negociados na Bolsa, quanto ao uso externo em procedimentos de auditoria e na marcação a mercado de diversos instrumentos financeiros negociados pelas instituições financeiras e não-financeiras.

Estas estruturas de taxas e preços ganharam a denominação de Taxas Referenciais BM&F e passaram a ter um uso cada vez mais amplo, atingindo recentemente até mesmo a fixação de limites de oscilação diária dos mercados negociados no pregão e no balcão da Bolsa. Para o estabelecimento dessas taxas referenciais, a BM&F vem utilizando uma metodologia que envolve os preços dos negócios realizados no pregão, informações de instituições financeiras além de diversos modelos matemáticos, baseados principalmente, nos princípios de que os mercados encontram-se perfeitamente arbitrados, não sendo possível obter resultados a partir da negociação dos ativos sem risco.

Em consequência deste uso mais amplo, observou-se um aumento na abrangência da estrutura interna para a apuração e cálculo com: especificação de critérios cuidadosamente elaborados; supervisão técnica contínua; elevado nível de atualização tecnológica e a ampliação da base de informantes. O cálculo e organização dessas informações receberam a implementação de novas curvas com divulgação diária, que resultou em uma ampla credibilidade junto aos usuários externos. Um efeito direto desse esforço é o reconhecimento recebido através da aplicação de normas legais como a marcação a mercado dos ativos para as exigibilidades de capital por exposição ao crédito, prevista na Resolução 2.399/97 do Banco Central do Brasil (Bacen)¹.

¹ Esta Resolução do Bacen refere-se à marcação a mercado dos ativos do setor bancário para efeito da apuração do risco para a determinação da exigência de capital, conforme o Acordo de Basiléia.

Estas informações sobre preços e taxas, no entanto, estiveram restritas às operações realizadas no mercado de derivativos, que tem como característica de negociação a não ocorrência de aporte inicial de recursos para determinar uma exposição ao risco de mercado, esta negociação é chamada de operação “sem caixa”. Embora estas operações atinjam uma parcela considerável do mercado ainda não estaria completa a tarefa de divulgação de preços e taxas se não fossem incluídas as operações envolvendo títulos públicos, as denominadas operações “com caixa” onde a exposição ao risco de mercado implica o uso de um aporte inicial de recursos.

A recente criação da Câmara de Ativos da BM&F e a decisão de implementar o módulo de valorização das garantias depositadas junto a todas as *clearings* levou a Diretoria Técnica e de Planejamento a desenvolver novos esforços para alcançar também este segmento de mercado em suas estruturas temporais de taxas de juros e preços de ativos.

Embora já exista uma estrutura rudimentar de coleta de preços das Letras do Tesouro Nacional (LTN), utilizada no cálculo do valor do índice de renda fixa do mercado (IRF-M), o alcance do desenvolvimento que se objetiva é muito mais amplo e procura estabelecer uma base totalmente diferenciada e muito mais abrangente tanto para coleta de preços, quanto para o tratamento desses dados e sua divulgação.

Estrutura do trabalho

O presente trabalho representa um texto técnico da BM&F para a orientação do desenvolvimento interno de uma estrutura para a apuração de curvas de preços e de *spreads* teóricos de títulos públicos.

Procuramos dividir o trabalho em três partes e anexos de forma que em cada parte possamos nos concentrar em assuntos específicos e ao final gerarmos um documento completo. Segue abaixo o conteúdo de cada parte:

1. Primeira Parte – Aspectos Gerais.

Desenvolveremos em caráter mais geral as bases conceituais do trabalho. Serão definidos os conceitos e as técnicas que serão empregados nos cálculos. Ao longo desta parte evitaremos entrar em alguns detalhes que envolvem as particularidades dos títulos, pois a acabaria tornando-a extensa demais além de ter baixa objetividade. Ademais, acreditamos que o público leitor tenha interesse em assuntos

específicos e um prolongamento dessas discussões em uma sessão de caráter geral poderia prejudicar a leitura do texto.

2. Segunda Parte – Cálculo de Taxas e Preços.

Esta parte será voltada aos procedimentos que envolvem diretamente as características dos títulos públicos, objeto do apreçamento, com uma especificidade maior. Acreditamos que o fato de abordarmos de uma forma objetiva os cálculos, de certa forma até mesmo concisa, não provocará estranheza ao leitor especializado, mas, mesmo assim, guardaremos para os anexos às demonstrações os desenvolvimentos e discussões que se fizerem necessários.

3. Terceira Parte – Curva Base

Reservamos um espaço específico para a discussão de alguns aspectos relativos ao cálculo da curva de preços e taxas oriunda dos contratos derivativos, que aqui denominamos de Curva Base. Embora já estejam sendo divulgadas curvas de preços e taxas de juros formadas a partir dos derivativos, não existe uma documentação que esclareça os procedimentos adotados para a sua formação. Desta forma, aproveitaremos esta parte para detalhar as técnicas empregadas para a geração dessas curvas.

Como o uso da Curva Base é intenso ao longo do trabalho, conferimos uma ênfase especial àquelas que serão mencionadas no apreçamento de títulos, deixando às demais uma menção em anexos.

4. Finalmente, nos anexos serão desenvolvidos exemplos numéricos que ilustrarão a forma de execução dos cálculos, serão mostrados testes empíricos dos resultados obtidos com o trabalho e adicionalmente reservaremos algumas discussões teóricas que orientaram a metodologia de apreçamento.

Primeira Parte: Aspectos Gerais

1. Descrição do trabalho

Apresentaremos ao longo deste trabalho uma metodologia para o cálculo dos preços dos títulos públicos e/ou a determinação de uma curva de juros que permita este cálculo. Como resultado, serão obtidas diversas formas para expressão do valor de um título: a sua taxa de rendimento (*yield to maturity*), o seu preço, além de diversas taxas de *spreads* que podem ser obtidas. Embora

saibamos que a partir de qualquer uma dessas formas de expressão de valor é possível obter qualquer outra das demais, consideramos que ao efetuar estes cálculos e mantê-los em banco de dados obteremos uma maior flexibilidade para o sistema, sendo possível realizar a alteração na divulgação de dados de uma forma específica para outra, conforme seja solicitado pelo mercado, com atendimento em curto espaço de tempo, além de manter uma estrutura de consulta histórica bastante flexível e direta.

Após a realização de uma pesquisa em instituições financeiras participantes das Câmaras Consultivas da BM&F, foi decidido que a divulgação das informações obtidas neste trabalho deverá ser feita através do spread multiplicativo, cuja metodologia de cálculo será discutida mais adiante. Esta padronização de informações sobre os títulos públicos permitirá o desenvolvimento de produtos e estratégias além de evitar a ocorrência de erros operacionais decorrentes de falhas na comunicação ou da interpretação equivocadas das cotações e negócios.

A linha de desenvolvimento que seguimos neste trabalho foi apresentada no documento “Títulos Públicos Federais: Determinação de Preços Referenciais, Estimação de Curvas e Metodologias de Apreçamento”, elaborado pelo Departamento de Sistemas de Risco & Assuntos Econômicos da BM&F em agosto de 2002. Neste trabalho de orientação foi definida a necessidade do uso de uma Curva Base, que descreveremos em mais detalhes adiante, sobre a qual deverão ser estabelecidos spreads multiplicativos que definam as taxas de juros a serem empregadas no cálculo do preço dos títulos públicos nos sistemas de valorização de garantia das *clearings* e nos sistemas de negociação da *Clearing* de Ativos.

2. Coleta de dados e obtenção das informações

Os dados a serem utilizadas nos cálculos deste trabalho serão obtidos a partir das seguintes fontes: mercado de derivativos da BM&F (pregão e balcão), negociações de títulos públicos no Sisbex e a pesquisa direta junto a instituições financeiras com destaque na negociação daquele ativo.

Os dados oriundos dos mercados de derivativos, negociados na BM&F, serão utilizadas para a composição de uma Curva Base, utilizando os mesmos procedimentos atualmente empregados para a geração das Taxas Referenciais BM&F, cuja metodologia de cálculo está descrito no anexo deste trabalho.

Os dados de taxa de juros ou de preços dos títulos públicos que tiverem sido efetivamente negociados no Sisbex serão coletados e utilizados nos cálculos, sendo este veículo de negociação considerado como uma fonte de dados para a apuração das curvas de taxas e preços dos títulos. Esta fonte, pela sua origem em negócios, terá tratamento preferencial sobre os dados para este mesmo ativo obtidos de outras fontes que não envolvam a efetiva realização de negócios.

Aliás, será estabelecida uma hierarquia dos dados, para efeito de uso na elaboração dos preços dos títulos públicos, privilegiando todo o dado observado de negociação com relação a dados oriundos de informações de *spreads* não observados em negócios e estes, ainda, sendo privilegiados com relação a dados com origem em cálculos de arbitragem financeira.

Para a coleta dos preços externos, diretamente de instituições financeiras, foi desenvolvido um aplicativo pela Diretoria de Tecnologia e Sistemas (DST), denominado “*Data Market Warehouse*”, cuja finalidade é tanto a coleta, quanto o armazenamento dos dados fornecidos pelo mercado financeiro ou por outras das diversas fontes alternativas apontadas pela Diretoria Técnica e de Planejamento (DTP). O sistema objetivará disponibilizar os dados para validação e posterior tratamento pela DTP.

Para a execução do trabalho de apuração de títulos públicos a BM&F utilizará o seu sistema de coleta para obter, junto ao mercado, os dados para a elaboração do cálculo e, com base nestes dados, produzirá as informações, que distribuirá às unidades da BM&F e ao próprio mercado.

“Dados”, portanto, são para efeito deste trabalho, preços e taxas na forma não elaborada e “informações” são os resultados de uma transformação dos dados, podendo ser utilizadas em aplicações mais sofisticadas de análise.

Durante o processo de alimentação dos dados no aplicativo destinado ao cálculo das taxas e preços dos títulos públicos, poderá ser introduzido um filtro de informações que evite a aceitação de dados que apresentem distorções com relação aos demais coletados. Os dados que os filtros deverão eliminar têm sua origem associada a fatos como: um erro operacional do informante, uma defasagem entre o momento de observação pelo informante e o seu efetivo envio à BM&F, que determine uma desatualização considerável com relação ao mercado, ou uma distorção promovida pelos meios eletrônicos

empregados para a transferência dos dados. O objetivo é evitar a aceitação de qualquer dado com potencial de comprometer a qualidade do resultado final.

Sugerimos os seguintes procedimentos para serem utilizados inicialmente como ponto de partida para o estabelecimento de uma estrutura de filtragem de dados:

- Apura-se a amostra de dados em um determinado momento do dia (este processo de amostragem pode ser realizado tanto em frequência intradiária quanto ao final do dia);
- O dado estará sempre associado com um prazo, correspondente ao número de dias até o vencimento do título. Se este prazo a que se refere o dado estiver não padronizado com as estruturas da BM&F ou apresentar diferença de até 3 dias de saques-reserva, para mais ou para menos, será calculada a taxa equivalente (equivalência em dias de saques-reserva) para o prazo padronizado. Caso a diferença supere os três dias de saques-reserva, o dado será descartado;
- Determina-se o valor médio dos dados (taxa média) e o desvio padrão (as estatísticas para os dados ou para as taxas serão tomadas para cada um dos prazos informados que tiverem sido definidos pela BM&F). A combinação do valor médio das informações, acrescida e subtraída de dois desvios padrão da amostra determinarão uma banda de aceitação. Está sendo estudada também a adoção de um filtro que utilize as variações de valor sobre o preço (PU) de um determinado título para determinar as faixas de corte onde resultados obtidos a partir delas serão designados como elementos *outliers*², este processo ainda esbarra em dificuldades computacionais, mas estarão sendo implementadas assim que for possível;
- Serão descartados todos os dados que se apresentarem com uma diferença superior a dois desvios padrão com relação à média da amostra (este mesmo critério será empregado posteriormente quando a base de comparação se tornar o preço do título);
- Caso a amostra final, após a realização dos descartes ou em consequência de uma pequena amostragem, apresentar número de dados inferior a três, o dado para este prazo terá que ser interpolado a partir dos prazos adjacentes (inferior e superior) mais próximos, ou extrapolado, se este se tratar do último prazo disponível;

² Um elemento considerado como *outlier* deverá ser descartado da amostra uma vez que a regra empregada para a sua determinação difere consideravelmente da dos demais dados ou porque poderá ser este dado fruto de falhas operacionais. A manutenção desse dado poderia distorcer o resultado a ser empregado no cálculo do preço do ativo, produzindo uma informação não consistente com a observação de mercado.

- Se for verificada, para toda uma curva (estrutura temporal de juros), apenas um prazo com resultado significativo, resultante da amostragem, será apurado o spread multiplicativo para este prazo e calculada a diferença entre este spread multiplicativo e o valor obtido no dia anterior para o mesmo prazo. Para os demais prazos não observados será considerada a ocorrência de um deslocamento paralelo de toda a estrutura de spreads multiplicativos, ou seja, toda a curva será afetada nesta mesma magnitude. Neste caso o formato da curva poderá ser alterado exclusivamente pelos movimentos da Curva Base e o nível de taxa de juros será obtido tanto pela Curva Base quanto pelo resultado obtido deste único dado;
- Caso não seja possível realizar a coleta de dados para uma determinada curva, será considerada a manutenção do spread multiplicativo observado no dia anterior e aplicada esta estrutura de spreads sobre a Curva Base para a obtenção dos dados para o cálculo.

Os filtros e os critérios de rejeição apontados acima se referem a uma análise que denominaremos de “análise vertical”, considerando as observações de uma amostra de um único dia. Poderão ainda ser adotada uma estrutura de filtro que ao longo de uma série histórica que denominaremos como “análise horizontal”. Esta tomará como referência o comportamento dos dados referentes a um determinado prazo ao longo de uma amostra de “n” (paramétrico) dias passados. Esta análise terá uma atuação de triagem preliminar dos dados nos dias em que não forem observados “saltos” de taxa.

A BM&F estará continuamente aperfeiçoando esses filtros, objetivando a preservação da qualidade das informações e poderá alterar os parâmetros descritos acima, introduzindo ou excluindo ou processos que se mostrarem ineficazes para a obtenção dos resultados desejados.

3. Filtro de dados

Como mencionado anteriormente, os filtros de dados representam a segurança para a informação. A eventualidade de dados cuja formação não seja adequada, por qualquer motivo, poderá comprometer os resultados finais do cálculo.

Como filtros de dados serão desenvolvidos, inicialmente, em duas categorias:

- A amostragem que denominamos de horizontal e que compara um dado recebido com todos os demais dados de um mesmo título, para uma mesma data, de todos os informantes disponíveis e,
- A amostragem vertical que compara um dado recebido com uma evolução histórica dos preços ao longo de um período de tempo parametrizado e definido pela BM&F.

Um resultado da aplicação do filtro de dados poderá ser a emissão de alertas ou a eliminação de dados. A emissão de alertas será feito quando o dado estiver na faixa denominada como “condição de alerta” e a eliminação quando o dado estiver além da “condição de alerta”.

As diferenças entre os dados dos diversos informantes são consideradas normais e resultantes da modelagem aplicada para a sua obtenção. Assim sendo, a BM&F buscará definir um intervalo de variação entre os dados que permita o recebimento da estimativa de preços ou a realização de negócios baseados nestas diferenças de modelagem.

Para a determinação dos parâmetros que definirão as faixas de dados serão utilizados a média dos dados da amostra e o respectivo desvio padrão amostral. Considerando o j-ésimo dado da amostra com n elementos como x_j a média (μ) será determinada por:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

O desvio padrão amostral (s) será dado por:

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \mu)^2$$

3.1. Faixas de determinação da variável

Para a classificação do dado, a BM&F adotará as seguintes faixas de valores:

- Condição de mercado: o dado classificado como condição de mercado encontra-se dentro da faixa de análise de “m” desvios padrão com relação à média. Os dados nesta condição são aceitos para efeito de composição da média.
- Condição de alerta: o dado classificado como condição de alerta encontra-se com um afastamento com relação à média em um número de desvios padrão superior a “m” e inferior a “a”. Os dados nesta

condição poderão ser aceitos para a composição da média a critério da BM&F.

- Condição de exclusão: o dado classificado como condição de exclusão encontra-se com um afastamento com relação à média superior a “a” desvios padrão. Os dados nesta condição não serão aceitos para a composição da média.

3.2. Procedimentos de análise

A análise dos dados será feita considerando inicialmente a informação dentro de uma análise horizontal, ou seja, as faixas serão dadas por:

$$\text{Mercado: } \mu_{\text{horizontal}} - m\sigma \leq x_j \leq \mu_{\text{horizontal}} + m\sigma$$

$$\text{Alerta: } \mu_{\text{horizontal}} - a\sigma \leq x_j < \mu_{\text{horizontal}} - m\sigma \text{ ou } \mu_{\text{horizontal}} + m\sigma < x_j \leq \mu_{\text{horizontal}} + a\sigma$$

$$\text{Exclusão: } x_j < \mu_{\text{horizontal}} - a\sigma \text{ ou } x_j > \mu_{\text{horizontal}} + a\sigma$$

A fase inicial de análise utilizará a referência horizontal. Consideradas as exclusões e alertas da análise horizontal, a média dos dados válidos gerados para o dia será confrontada com a análise vertical, quando será obtido a taxa média e o desvio padrão, para os últimos “n” dias, referentes ao mesmo prazo que se deseja calcular.

Da mesma forma que na análise horizontal, também serão estabelecidas faixas para cada uma das taxas apuradas. As faixas denominadas também de: mercado, alerta e exclusão, determinarão os procedimentos a serem adotados pela BM&F para a consideração como válida a média calculada a partir da coleta.

Se a taxa se enquadrar na faixa “condição de mercado”, ela será considerada na composição dos cálculos das taxas spot. Um segundo caso é quando a taxa se enquadrar na faixa “condição de alerta” ela poderá ser considerada na composição dos cálculos das taxas spot, a critério da BM&F e, finalmente, se a taxa se enquadrar em “condição de exclusão” a taxa não será considerada no cálculo das taxas spot e o prazo será interpolado.

$$\text{Mercado: } \mu_{\text{vertical}} - m\sigma \leq x_j \leq \mu_{\text{vertical}} + m\sigma$$

$$\text{Alerta: } \mu_{\text{vertical}} - a\sigma \leq x_j < \mu_{\text{vertical}} - m\sigma \text{ ou } \mu_{\text{vertical}} + m\sigma < x_j \leq \mu_{\text{vertical}} + a\sigma$$

$$\text{Exclusão: } x_j < \mu_{\text{vertical}} - a\sigma \text{ ou } x_j > \mu_{\text{vertical}} + a\sigma$$

3.3. Determinação dos parâmetros

Os parâmetros para a determinação das faixas são representados pelo número de desvios padrão admitido a cada uma das faixas. Este número de desvios padrão deverá ser calculado a partir da observação do comportamento histórico do mercado.

Uma fonte para esta informação da faixa de aceitação dos dados é o resultado dos leilões realizados pelo Bacen. O limite para a realização do “corte” nas ofertas, quando estabelecido por dispersão de taxa³, poderá ser utilizado pela Bolsa como parâmetro para a calibragem do número de desvios padrão utilizados no filtro de dados.

3.4. Excepcionalidades

Os momentos em que forem observadas descontinuidades no comportamento do mercado, devido a eventos externos que estabeleçam uma regra ou que existam parâmetros para a formação de preço diferente daqueles empregados no período de amostragem do filtro. A Bolsa, então, poderá estabelecer um critério diferente para estes dias específicos, podendo, inclusive, abandonar os filtros de dados.

4. Critério para a contagem de prazos

Embora a contagem de prazos pareça óbvia no que tange ao número de dias corridos, uma vez que se refere ao número de dias do ano calendário, não se mostra tão evidente quando se refere ao número de dias úteis entre duas datas.

Para evitar ambigüidades utilizamos como dias úteis entre duas datas, o número de dias de saques-reserva entre elas, na forma como está descrito na Resolução 2.516 do Conselho Monetário Nacional, de 29/06/1998. Neste instrumento está claro que não haverá contagem de remuneração nas datas que se configurarem como feriado nacional e este será o critério a ser empregado ao longo do trabalho.

A BM&F costuma utilizar a denominação dia útil para as datas em que existe atividade de pregão. Esta contagem de dias difere daquela descrita na

³ O corte poderá ser estabelecido por quantidade e neste caso a informação não reflete a realidade buscada na calibragem de parâmetros do filtro.

Resolução 2.516 nas datas onde existe feriado local na praça de São Paulo (no momento dias 25/01 e 09/07) ou nas datas em que não existe pregão (24/12 e 31/12).

Na quantidade de dias corridos pelo calendário 30/360 utilizaremos o critério estabelecido pelo Banco Central do Brasil.

5. Curva Base

Será denominada de Curva Base a estrutura temporal de taxas de juros obtida a partir do mercado de derivativos. Esta estrutura representa a taxa spot⁴ de mercado no momento de sua apuração para uma operação “sem caixa” para um determinado prazo entre duas datas (que denominaremos como entre as datas uma inicial ou de análise, “t”, e outra final ou de resgate “T”). Este número de dias, na estrutura temporal, é associado a uma taxa de juros, que seria a taxa de juros para aplicações no prazo especificado. Esta taxa de juros estará sem a presença de risco de crédito ou de liquidez, que poderiam vir a ser identificados nos títulos públicos ou privados sob a forma de um prêmio de taxa.

Será utilizada como Curva Base, as Taxas Referenciais BM&F. Como ocorre atualmente, ela será apurada diariamente pela BM&F, sendo também introduzida uma rotina para que ocorra uma coleta de dados também com a frequência intradiária. Serão as seguintes curvas determinadas na forma de Curva Base:

5.1. Curva Base de Taxas Prefixadas (CB_{t-T}^{PRE}):

A Curva Base de Taxas Prefixadas será obtida a partir da curva de Taxas Referenciais BM&F para operações prefixadas (DI x PRÉ), expressas na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias úteis. Para os dados de taxas na frequência intradiárias e de fechamento desta Curva Base serão utilizados os dados referentes aos negócios e ofertas nos vencimentos do Contrato Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI1).

⁴ O conceito de taxa *spot* será abordado em detalhe mais adiante. O conceito de taxa spot está associado à taxa de remuneração de um título que não apresenta pagamento de cupom, ou seja, cujo pagamento é feito no seu resgate.

5.2. Curva Base de Taxas de Cupom Cambial (CB_{t-T}^{CC}) :

A Curva Base de Taxas de Cupom Cambial, obtida a partir da curva de Taxas Referenciais BM&F para operações DI x Dólar, expressas na forma de taxa linear anual, base 360 dias corridos. Para as informações intradiárias e de fechamento desta Curva Base será empregados os dados dos negócios nos vencimentos do Contrato Futuro de Cupom Cambial (DDI)⁵.

Esta taxa de cupom cambial é também denominada de cupom cambial sujo e considera a taxa de câmbio de referência para o início da valorização a cotação PTAX de venda referente ao dia anterior à data “t”.

5.3. Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IGP-M (CB_{t-T}^{IGM}) :

A Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IGP-M tomará como base a curva de Taxas Referenciais BM&F para operações DI x IGP-M, com as taxas sendo expressa na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias úteis, referente ao período entre a data de avaliação “t” e a data de resgate do título “T”. Esta cotação utiliza o valor do índice IGP-M pró-rata⁶, devendo ser transformada em taxa de juros baseada na variação do IGP-M com relação ao último número-índice divulgado.

5.4. Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IPCA (CB_{t-T}^{ICA}) :

A Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IPCA tomará como base a curva de Taxas Referenciais BM&F para operações DI x IPCA, com taxas expressas na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias úteis, referente ao período entre a data de avaliação “t” e a data de resgate do título “T”. A taxa de juros deverá considerar como base de variação do índice de inflação o último número-índice divulgado.

5.5. Curva Base de Taxas de Cupom Cambial Limpo (CB_{t-T}^{cd}) :

⁵ As taxas de juros de cupom cambial do mercado de DDI são, atualmente, obtidas a partir dos primeiros vencimentos dos contratos futuro de DI1 e de Taxa de Câmbio de Reais por Dólar Comercial, onde é obtido o primeiro vencimento sintético de DDI e a partir daí utilizada as cotações da Estratégia Operacional de FRA de Cupom Cambial para a obtenção dos vencimentos mais distantes.

⁶ O procedimento para o cálculo é descrito mais adiante nesta mesma Parte.

Taxas obtidas através da seguinte transformação da taxa da Curva Base de Cupom Cambial (CB_{t-T}^{CC}):

$$CB_{t-T}^{ccl} = \left\{ \left[\left[1 + \left(\frac{CB_{t-T}^{CC}}{100} \times \frac{ndc_{t-T}}{360} \right) \right] \times \frac{Dol_t}{PTAX_{t+1}} \right] - 1 \right\} \times \frac{36.000}{ndc_{t-T}}$$

A taxa de cupom cambial limpo representa a taxa de juros referenciada em dólares tomando como taxa de câmbio de referência para o início de valorização a taxa a vista praticada no momento da formação da taxa (data “t”).

5.6. Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IGP-M Limpo (CB_{t-T}^{igml}):

A taxa de cupom de DI x IGP-M “limpo”⁷ não é diretamente observada no mercado. Esta denominação foi adotada neste trabalho objetivando estabelecer um paralelo metodológico com o procedimento adotado para o cupom cambial “limpo”. Muito embora o uso da taxa de cupom de DI x IGP-M limpa não seja observado de uma forma tão ampla quanto o cupom cambial limpo, adotaremos a denominação “sujo” toda vez que a taxa do cupom de DI x IGP-M tiver como ponto de partida para a variação no índice de preço o valor do IGP-M observado no mês anterior à data de negociação, ou seja, sem a presença do fator *pró-rata tempore* e usaremos a denominação “limpo” quando a partida da variação do índice de inflação for o número índice atualizado para a data da operação pelo fator *pró-rata tempore*.

A fórmula para a obtenção desta taxa de Cupom de IGP-M Limpo, a partir da Curva Base de Taxa de Cupom de DI x IGP-M, é a seguinte:

$$CB_{t-T}^{igml} = \left\{ \left[\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{igm}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t+1}}{252}} \times \frac{PRT_t^{igm}}{IGP-M} \right]^{\frac{252}{ndu_{t+1}}} - 1 \right\} \times 100$$

⁷ A denominação Cupom de IGP-M “limpo” é utilizada neste trabalho para designar a taxa de juros para uma operação indexada na inflação medida pelo IGP-M, mas sem a presença de resíduos de inflação referentes ao prazo entre a última data de divulgação pela FGV e a data de cálculo.

Onde o termo PRT_t é o valor do número-índice *pró-rata tempore*, calculado pela atualização do último índice divulgado pela expectativa inflacionária obtida pela BM&F. Utilizaremos o seguinte procedimento para calcular o número-índice *pró-rata tempore* numa data “t” qualquer:

- Inicialmente será observado o número-índice IGM_t^{vb} que é o preço de ajuste do vencimento-base do contrato futuro de IGP-M, fixado na data “t”. O vencimento-base será o primeiro vencimento do contrato futuro de IGP-M toda vez que a data “t” não coincidir com o primeiro dia útil do mês, quando a data “t” coincidir com primeiro dia útil do mês o vencimento-base será o segundo vencimento em aberto do contrato futuro de IGP-M.
- Seja o número-índice $IGP-M_{m-1}$ o valor do índice IGP-M divulgado no mês anterior àquele que a data “t” se refere. Considerando que o mês da data “t” possui um total de dum_t dias de saques-reserva e, até a data “t”, inclusive, já decorreram dud_t dias de saques-reserva, o número-índice *pró-rata tempore* poderá ser obtido pela seguinte fórmula:

$$PRT_t^{igm} = IGP-M_{m-1} \times \left(\frac{IGM_t^{vb}}{IGP-M_{m-1}} \right)^{\frac{dud_t}{dum_t}}$$

5.7. Curva Base de Taxas de Cupom de DI x IPCA Limpo (CB_{t-T}^{ical}) :

No caso da taxa de cupom de DI x IPCA, devemos realizar o mesmo procedimento descrito para o cupom de DI x IGP-M, já que esta taxa refere-se a juro real sobre a inflação. Esta taxa também é normalmente apurada em cupom “sujo”, ou seja, guardando uma memória de inflação desde a data de divulgação do último índice até a data “t” de apuração da taxa.

Considerando que, até o momento da elaboração deste trabalho, não existia um mercado futuro de IPCA nem outro instrumento de mercado que oferecesse uma estimativa para o valor do número índice, o valor do IPCA *pró-rata tempore* até a data “t” de cálculo será realizado utilizando a estimativa coletada pelo Departamento Técnico da BM&F junto às áreas de pesquisas das instituições contribuidoras de dados sobre preços e taxas.

O cálculo do valor do número índice do IPCA *pró-rata* para a data “t” de cálculo pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$PRT_t^{ica} = IPCA_{m-1} \times \left(\frac{E_t[IPCA_m]_t}{IPCA_{m-1}} \right)^{\frac{dud}{dum}}$$

Onde:

PRT_t^{ica} = valor do IPCA *pró-rata tempore*, obtido na data “t”;

$IPCA_{m-1}$ = valor do número-índice do IPCA, divulgado para o mês anterior à data de cálculo “t”;

$E_t[IPCA_m]_t$ = valor esperado na data “t” para o primeiro número-índice a ser divulgado para o mês da data de cálculo.

Considerando a variabilidade observada na data de divulgação do IPCA, utilizaremos o critério de considerar a data de divulgação sempre no dia 15 de cada mês. Este procedimento está sintonizado com o critério do Tesouro Nacional de considerar a valorização do título indexado ao IPCA no dia 15 do mês.

O valor do cupom “limpo” de IPCA será obtido a partir do cupom “sujo” através da seguinte fórmula:

$$CB_{t-T}^{ical} = \left\{ \left[\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{ica}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}} \times \frac{PRT_t^{ica}}{IPCA_{m-1}} \right]^{\frac{252}{ndu_{t-T}}} - 1 \right\} \times 100$$

6. Curva de taxas *spot*

Ao longo deste trabalho utilizaremos a expressão taxa *spot* para designar a taxa de juros referente a um título que não inclui o pagamento de cupom em seu fluxo, ou seja, título com pagamento final (denominado também de *zero cupom bond* ou *bullet*). Esta taxa pode obtida através de diversos instrumentos do mercado financeiro como, por exemplo, nas operações realizadas no mercado de derivativos, já que tanto os contratos futuro de DI1, quanto os de DDI (cupom cambial) apresentam características semelhantes às de um título sem pagamento cupom.

Cada título terá uma Curva Base associada para efeito de cálculo dos diferenciais de taxas (*spreads*) que se deseja divulgar. A associação de uma Curva Base específica, onde é observada uma liquidez maior, também será útil

na eventualidade de não haver informações sobre o preço do título, necessitando de uma estimativa.

A Curva Base na forma como será construída é, portanto, formada por taxas *spot*, uma vez que será utilizada para a sua formação dados dos negócios e ofertas oriundos dos contratos derivativos, que têm esta característica. Assim sendo, quando se desejar traçar uma relação entre duas taxas, como será objeto das análises que serão desenvolvidas mais adiante, as duas deverão ser taxa spot.

No caso da comparação entre taxas envolver uma dessas referindo-se a um título com pagamento final na data de resgate (*spot*) e a outra referente a um título com pagamento de cupom (*yield to maturity*), será necessário realizar nesta última um procedimento preliminar que identifique as taxas *spot* referentes aos prazos de pagamento de cada um dos cupons previstos e para o prazo de resgate. Estas taxas spot utilizadas representam o custo do capital que permitiram a formação do preço do título⁸.

Algumas das representações de taxas que serão produzidas neste trabalho utilizam a Curva Base como uma referência para as taxas dos títulos públicos, produzindo *spreads* que determinam como resultados as taxas spot ou de yield to maturity acima. Para que este efeito seja obtido, será necessário encontrar as taxas spot referentes aos prazos de pagamento de cupom e de resgate dos títulos e somente assim, conforme vimos acima, poderão ser estabelecidas as relações entre as taxas observadas no mercado de derivativos e aquelas encontradas para o mercado de títulos públicos, que denominaremos de spread⁹.

As taxas spot que serão calculadas neste trabalho de apreçamento de título público terão as seguintes denominações:

1. $SPOT(LTN)_{t-T} = \text{taxa spot}$ apurada para o título LTN referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis;

⁸ Uma definição mais detalhada poderá ser obtida em: Fabozzi, Frank – Mercados, Análise e Estratégias de Bônus Cap. X. Ed. Qualitymark – 2000.

⁹ Serão definidos diversos tipos de *spread*, cada um formado a partir de uma relação específica entre as taxas de juros do mercado de derivativos e do mercado de títulos. É possível calcular um tipo de *spread* a partir do outro, tornando os resultados intercambiáveis. Como durante a elaboração deste trabalho não havia uma definição precisa sobre a forma de divulgação das informações, preferimos descrever os principais tipos de *spread* utilizados no mercado brasileiro para depois divulgarmos aquele que for eleito pelo mercado. Da mesma forma, ficará o sistema de cálculo da BM&F preparado para uma eventual alteração do critério em data futura.

2. $SPOT(NTN-F)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para o título NTN-F referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis;
3. $SPOT(LFT)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para o título LFT referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis;
4. $SPOT(LFT-B)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para o título LFT-B referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis;
5. $SPOT(NTN-D)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para os títulos com rentabilidade indexada à variação cambial, que inclui os títulos NTN-D e NBC-E, referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa linear anual para 360 dias corridos;
6. $SPOT(NTN-C)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para o título NTN-C referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis;
7. $SPOT(NTN-B)_{t-T} = \text{taxa } spot$ apurada para o título NTN-B referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, expressa na forma de taxa efetiva anual para 252 dias úteis.

Para a obtenção das taxas spot a partir das taxas de yield to maturity, conforme descrito neste trabalho, será utilizado o método de *bootstrapping*¹⁰.

7. Spreads

Para efeito deste trabalho o conceito de spread estará associado ao diferencial entre duas taxas de juros. A diferença será obtida com relação à Curva Base e poderá ser aditiva, multiplicativa ou através de um incremento na remuneração diária, que denominaremos de percentual. Os cálculos para a obtenção dos spreads são descritos abaixo:

7.1. Spread aditivo sobre a Curva Base:

Será denominada ao longo deste trabalho de spread aditivo sobre a Curva Base a diferença entre a taxa spot calculada para um determinado título e a taxa da Curva Base que está associada a este título, sempre levando em consideração o prazo até a data de vencimento/resgate e a convenção para expressão da taxa, que deverá ser o mesmo nas duas.

¹⁰ Para maiores detalhes verificar o anexo destinado à descrição do procedimento de cálculo e uma breve discussão do modelo.

Assim sendo, se a Curva Base estiver expressa como taxa linear anual, base 360 dias corridos, o *spread* também o será e, da mesma forma, se a taxa da Curva Base estiver expressa na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias úteis, o *spread* também estará expresso em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis.

$$\text{Spread}_{\text{aditivo}; \text{título}}_{t-T} = \text{SPOT}_{\text{título}}_{t-T} - \text{CB}_{t-T}^{\text{título}}$$

7.2. *Spread* multiplicativo sobre a Curva Base:

Será denominada ao longo deste trabalho de *spread* multiplicativo sobre a Curva Base a taxa de juros que, ao ser composta com a taxa da Curva Base, resultará na taxa spot.

Para realizar este cálculo, será tomada a razão entre o fator de desconto (*discount factor*) obtido da taxa spot para um determinado prazo (taxa spot expressa na forma decimal para o período, acrescida de um) e o fator de desconto (*discount factor*) obtido a partir da taxa da Curva Base correspondente àquela taxa spot, para o mesmo prazo (taxa da Curva Base expressa na forma decimal para o período acrescida de um).

Após o cálculo dos fatores acima, a taxa do *spread* multiplicativo será obtida pela razão entre o fator de desconto da taxa spot pelo fator de desconto da taxa da Curva Base. O valor do *spread* multiplicativo deverá ao final ser transformada para taxa equivalente expressa utilizando a mesma convenção de expressão da taxa da Curva Base, ou seja, se a taxa da Curva Base estiver expressa na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias úteis, o *spread* multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread (multiplicativo; título)}_{t-T} =$$

$$= \left[\frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{título})_{t-T}}{100} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t-T}}{252}}}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{título}}}{100} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t-T}}{252}}} - 1 \right]^{\frac{252}{\text{ndu}_{t-T}}} \times 100$$

Ou, no caso da taxa da Curva Base estar expressa como taxa linear anual, base 360 dias corridos, o spread multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Spread}(\text{multiplicativo}; \text{título})_{t-T} &= \\ &= \left[\frac{\left[1 + \frac{\text{SPOT}(\text{título})_{t-T} \times \frac{\text{ndc}_{t-T}}{360}}{100} \right]}{\left[1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{título}} \times \frac{\text{ndc}_{t-T}}{360}}{100} \right]} - 1 \right] \times \frac{36.000}{\text{ndc}_{t-T}} \end{aligned}$$

7.3. *Spread* percentual sobre a Curva Base

Será denominada ao longo deste trabalho de spread percentual sobre a Curva Base a razão entre a taxa média diária obtida da taxa spot referente a um determinado prazo e a taxa média diária obtida da Curva Base correspondente ao título e referente ao mesmo prazo.

Para o cálculo da taxa média diária dos títulos que possuem indexação pela taxa de câmbio, será utilizada a taxa prefixada da Curva Base como uma *proxi* do rendimento total do título no período, considerando a inexistência de possibilidade de arbitragem entre estes mercados. Será então utilizada a seguinte fórmula para encontrar a taxa do spread percentual da taxa média diária:

- Para os títulos com remuneração prefixada, utilizaremos para apurar o spread percentual sobre a taxa média do DI a razão entre a taxa média diária do título e a taxa média diária da taxa prefixada da Curva Base.

Spread (percentual, título)=

$$\frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{título})_{t-T}}{100}\right)^{\frac{1}{252}} - 1}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{título}}}{100}\right)^{\frac{1}{252}} - 1} \times 100$$

- Para os títulos referenciados na taxa diária Selic, o spread percentual será calculado da seguinte forma:

Spread (percentual, título)=

$$\frac{\left[\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{título})_{t-T}}{100}\right)^{\frac{\text{ndu}_{t,T}}{252}} \times \left(1 + \frac{\text{Selic}_t}{100}\right)^{\frac{\text{ndu}_{t,T}}{252}}\right]^{\frac{1}{252}} - 1}{\left(1 + \frac{\text{DI}_t}{100}\right)^{\frac{1}{252}} - 1} \times 100$$

- Para os títulos referenciados na taxa de câmbio, o spread percentual considerará a taxa prefixada da Curva Base como uma *proxi* da remuneração total esperada para o título e será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}, \text{título}) = \frac{\left(\frac{A}{B} + 1\right) \times C - 1}{C - 1} \times 100$$

onde :

$$A = \left[1 + \left(\frac{\text{SPOT}(\text{título})_{t-T}}{100} \times \frac{ndc_{t-T}}{360} \right) \right];$$

$$B = \left(\frac{CB_{t-T}^{\text{título}}}{100} \times \frac{1}{360} \right) e$$

$$C = \left(1 + \frac{CB_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}}$$

- Para os títulos referenciados na taxa de inflação (IGP-M e IPCA), o spread percentual considerará a taxa prefixada da Curva Base como uma *proxi* da remuneração total esperada para o título e será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}, \text{título}) = \frac{\frac{A}{B} \times C - 1}{C - 1} \times 100$$

Onde:

$$A = \left(1 + \frac{\text{Spot}_{t-T}^{\text{título}}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}} ;$$

$$B = \left(1 + \frac{CB_{t-T}^{\text{título}}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}} e$$

$$C = \left(1 + \frac{CB_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}}$$

8. Determinação do calendário e do valor dos cupons dos títulos

Para que os cálculos da taxa spot dos títulos, o processo de *bootstrapping* a ser empregado exige a construção de um calendário para o pagamento de cupons e para o resgate de cada um dos títulos analisados. Para a obtenção

deste calendário com todas as datas necessárias ao cálculo, será empregado o critério estabelecido pelo Tesouro para cada um dos títulos, desta forma os prazos da estrutura temporal de taxa de juros para as taxas spot são obtidos da seguinte forma:

Toma-se, inicialmente o dia do mês que o título deverá ser resgatado (dia do mês da data “T”). O dia do mês que o título pagará cada um dos cupons previstos será o mesmo dia do mês da data de resgate (“T”). Para encontrar os meses dos pagamentos, deverá ser considerada uma periodicidade de seis entre o pagamento de cada cupom e o resgate do título a contar retroativamente a partir da data de resgate do título. Assim sendo, a data a ser definida para o pagamento dos cupons e resgate do título independe de ser dia útil ou não.

Para efeito de montagem do fluxo de caixa do título, o pagamento deverá ocorrer na data programada conforme acima ou no primeiro dia útil subsequente, caso a data calculada não seja útil.

Exemplo:

Consideremos um título com resgate em 15/10/03 gera pagamento de cupom nos seguintes prazos: 15/04/2003 e 15/10/2002. A data de cálculo do calendário é 05/08/2002.

Sempre utilizando o mesmo dia do mês do vencimento (15) e adotando como mês de pagamento aquele coincidente com seis meses antes do último pagamento observado, iniciando com o vencimento e continuando com uma seqüência de cupons até que não seja mais possível determinar uma data por estar anterior à data de cálculo: outubro/2003 (resgate), abril/2003 (último cupom antes do resgate) e outubro/2002 (cupom anterior ao pagamento de abril/2003 e o com menor prazo a partir da data de cálculo 05/08/2002).

O valor do cupom será dado pelas características do título que estão constantes do arquivo arqtítulo divulgado pelo Bacen e que deverá identificar:

- Taxa de juros de cupom;
- Convenção para expressão desta taxa de juros;
- Existência de diferenciações para o tratamento do primeiro cupom.

Para efeito deste trabalho, o cálculo das taxas spot tomará como base o pagamento de um cupom de 12% ao ano e a seguinte convenção para expressão de taxas:

- Títulos referenciados na taxa de câmbio – taxa anual linear, base 30/360 dias corridos. Desta forma, a taxa de cupom cambial semestral empregado no cálculo do valor do cupom será apurada da seguinte forma:

$$cc_t = \frac{i}{2}$$

O valor do cupom a ser utilizado no cálculo será o percentual obtido em cc_t , acima, multiplicado por 100, representando 100% do valor de face do título;

- Títulos prefixados em reais ou referenciados na taxa de inflação – taxa anual efetiva, base 252 dias úteis. Desta forma, a taxa de cupom sobre inflação semestral empregado no cálculo do cupom será apurada da seguinte forma:

$$ci_t = \left[\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \times 100$$

O valor do cupom a ser utilizado no cálculo será o percentual obtido em ci_t , acima, multiplicado por 100, representando 100% do valor de face do título.

9. Procedimentos para a determinação do número de dias entre duas datas

Durante o trabalho de apreçamento dos títulos públicos serão empregadas três formas distintas para a determinação do prazo entre a data do cálculo e da ocorrência do evento que está sendo observado (pagamento de cupom ou resgate do título), a saber:

- Número de dias de saques-reserva;
- Número de dias corridos;
- Número de dias corridos no calendário 30/360.

9.1. Número de dias de saques-reserva

Ao longo do trabalho a expressão número de dias de saques-reserva entre as datas “t” e “T” (ndu_{t-T}) refere-se aos dias em que houver remuneração de juros sobre o capital em uma aplicação em reais (também denominado de dias de saques-reserva¹¹).

A legislação brasileira proíbe que ocorra remuneração de juros nos feriados nacionais, mas permite que ocorra a remuneração do capital em datas que se configure como feriado local ou regional, mesmo que o contrato tenha sido firmado no local do feriado. Assim sendo, quando for utilizada a expressão número de dias de saques-reserva estará sendo demonstrado o número de dias entre duas datas onde se observará a remuneração do capital em operações de um dia no mercado financeiro.

9.2. Número de dias corridos

O número de dias corridos entre as datas “t” e “T” (ndc_{t-T}) utilizado neste trabalho refere-se ao número de dias efetivamente verificados entre duas datas, incluindo finais de semana e feriados (*actual*).

9.3 Número de dias corridos no calendário 30/360

A convenção 30/360 refere-se ao ano com 360 dias corridos e cada mês com exatos 30 dias. Muito utilizada no mercado internacional, no Brasil tem algumas particularidades determinadas por instrumento legal¹²:

- O número de dias corridos para o calendário 30/360 é obtido conforme a fórmula descrita para a apuração de $ndc_{t-T}^{30/360}$;
- Se a data inicial se referir ao dia 31 ou ao último dia de fevereiro, ela assumirá o dia 30;
- Se a data final se referir ao dia 31 e a data inicial for 31 ou 30 ou, ainda, se for o último dia de fevereiro, a data final assumirá o valor de 30;
- Se a data final se referir ao dia 31 e a data inicial não for 31 ou 30 nem for o último dia de fevereiro, a data final assumirá o valor de 1 do mês subsequente, podendo assumir o ano subsequente, se for o caso;

¹¹ O conceito de saque-reserva está previsto na Resolução 2.516 do Conselho Monetário Nacional, de 29/06/1998.

¹² A metodologia está descrita no Comunicado 7.818 do Bacen, de 31/08/2000.

- Se a data final for o último dia de fevereiro, ela assumirá o dia 30 somente se a data inicial também for o último dia de fevereiro.

A forma que será aplicada para calcular o número de dias corridos entre duas datas ($d_1/M_1/A_1$ e $d_2/M_2/A_2$) no calendário 30/360 é a seguinte:

$$ndc_{t-T}^{30/360} = (A_2 - A_1) + (M_2 - M_1) + (d_2 - d_1)$$

10. Processos empregados para interpolação e extrapolação de taxas

10.1 Interpolação da curva de juros

A curva de juros apresenta como característica a divulgação de taxas em prazos fixos que são denominados de vértices. É comum a observação de vértices em múltiplos de 21 dias úteis ou em múltiplos de 30 dias corridos, neste caso procedendo-se o ajuste do prazo do vértice para o primeiro dia útil subsequente quando ocorrer do vértice referir-se a um final de semana ou feriado.

A divulgação de informações pode referir-se também ao prazo até datas específicas, neste caso verifica-se um decréscimo no número de dias para a data alvo à medida que o tempo passa. O fato de não ser possível estabelecer uma comparação ao longo do tempo sem o uso de transformações faz com que esses prazos não possam ser considerados como vértices.

Adotaremos neste trabalho o critério de contar o prazo até uma determinada data, ou seja, as taxas se referirão aos prazos exatos até a data de pagamento de cupom dos títulos ou de seu resgate, não sendo, portanto, um número de dias fixo. Buscamos neste procedimento maior precisão de cálculo para a apuração do preço dos títulos, embora tenhamos que abrir mão de uma observação imediata da evolução histórica (simples nas séries distribuídas em vértices) e não tão imediatas, por serem dependentes de transformações matemáticas nas séries temporais de taxas de juros referenciadas em prazos móveis.

A interpolação de taxas ao longo da estrutura a termo ocorre quando é possível obter alguns pontos da curva (taxas referentes à remuneração até o vencimento ou em vértices) e desejamos encontrar outros pontos

da curva que não foram diretamente observados no mercado. Com a imposição de algumas hipóteses e a observação de taxas em prazos (vértices ou não) contíguos, é possível que tenhamos um valor “teórico” com boa aproximação da taxa que seria praticada em condições de ausência de arbitragem. Certamente o procedimento enfrenta dificuldades quando for observada a influência de elementos externos que promovam distorções, tais como a presença de prêmios de liquidez, a ausência de arbitragem por motivos que não reflitam as condições de mercado ou pela presença de risco de crédito, operacional ou legal.

O primeiro ponto a fixar é que a BM&F apura as taxas interpoladas sempre sobre os fatores de desconto (*discount factor*) e utilizando o número de dias de saques-reserva entre os prazos observados e desejados. A razão para esta uniformização do procedimento, principalmente no uso de dias de saques-reserva para a interpolação, está no fato de julgarmos que o *funding* para a realização de arbitragens dos mercados situar-se no mercado interno, mesmo nos títulos e contratos referenciados em dólar.

Se observarmos o mercado internacional, verificamos a interpolação sendo realizada com o uso do número de dias corridos entre os dois prazos, procedimento que mantém o efeito calendário existente nas taxas com expressão na forma anual linear¹³. O uso do número de dias corridos nos procedimentos de interpolação realizados no presente trabalho poderia, ao nosso ver, gerar oportunidades de arbitragem nesses mercados pelas características dos mercados locais que serão fontes de referência para arbitragem, todos em reais e com o seu apreçamento em dias de saques-reserva. Daí a nossa opção por não adotar uma modelagem diferenciada para as taxas indexadas ao câmbio.

O modelo que será utilizado utilizará a hipótese de que a taxa *forward* entre os dois pontos mantém-se constante. A seguir apresentaremos a fórmula da interpolação sobre a estrutura a termo para encontrar uma taxa i^* , que se encontra a ndu^* da data de cálculo, utilizando para tal uma taxa i_{ant} , observada em um prazo anterior ao da taxa desejada e com um prazo de ndu_{ant} dias de saques-reserva da data de cálculo, e

¹³ O efeito calendário aqui descrito representa as flutuações nas taxas de juros de um dia para outro, devidas única e exclusivamente à alteração no número de dias de saques-reserva para um mesmo período de dias corridos. Este efeito existe no mercado externo e as técnicas de interpolação tentam preservá-lo por uma questão de consistência com o *funding*, também expresso em dias corridos e revelando efeito calendário.

uma taxa i_{post} , observada em um prazo posterior ao da taxa desejada e com um prazo de ndu_{post} dias de saques-reserva da data de cálculo.

$$i^* = \left\{ \left(1 + \frac{i_{avg}}{100} \right)^{\frac{ndu_{int}}{252}} \times \left[\frac{\left(1 + \frac{i_{post}}{100} \right)^{\frac{ndu_{post}}{252}}}{\left(1 + \frac{i_{avg}}{100} \right)^{\frac{ndu_{int}}{252}}} \right]^{\frac{(ndu^* - ndu_{int})}{(ndu_{post} - ndu_{int})}} \right]^{\frac{252}{ndu^*}} - 1 \times 100$$

10.2 Interpolação do spread percentual

O spread percentual será interpolado de forma linear, utilizando, como fator de ponderação, o prazo em dias de saques-reserva. A escolha deste procedimento prende-se ao fato de não haver uma evidência de que os valores *forwards* mantêm-se constantes ao longo do período de interpolação. A interpolação de um *spread* percentual desconhecido ($SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T^*}$) tomando como base dois outros *spreads* em prazos contíguos (um superior ao desejado $SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T+k}$ e outro inferior $SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T-m}$) com percentuais conhecidos é feito da seguinte forma:

$$\begin{aligned} SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T^*} &= \\ &= \frac{SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T+k} - SPREAD(\text{percentual}; \text{título})_{t-T-m}}{ndu_{(t-T+k)} - ndu_{(t-T-m)}} \times \\ &\times [ndu_{(t-T^*)} - ndu_{(t-T-m)}] \end{aligned}$$

10.3 Extrapolação de taxas

A extrapolação das taxas ocorrerá quando o prazo disponível com informações coletadas não for suficientemente longo para calcular as taxas dos títulos cuja data de resgate ou de pagamento de cupom fiquem

mais distantes. Desta forma, utilizaremos a hipótese de manutenção das taxas *forwards* verificadas entre as duas datas mais distantes disponíveis.

Suponhamos que devamos calcular a taxa i_{T+k} , referente à data T+k, e que este prazo não esteja disponível entre as informações coletadas. A extrapolação ocorrerá utilizando as informações de taxas i_T e i_{T-m} , referentes aos prazos de T dias e T-m dias e que correspondem à última e à penúltima taxa disponível, respectivamente.

A taxa *forward* entre as taxas i_T e i_{T-m} , expressa na forma de fator de desconto (*discount factor*), é determinada pela seguinte equação:

$$\frac{1}{df(i_{fwd})} = \frac{\left(1 + \frac{i_{t-T}}{100}\right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}}}{\left(1 + \frac{i_{t-T-m}}{100}\right)^{\frac{ndu_{t-T-m}}{252}}},$$

ou para as taxas expressas na forma linear anual, base 360 dias corridos, da seguinte forma:

$$\frac{1}{df(i_{fwd})} = \frac{\left(1 + \frac{i_{t-T}}{100}\right)^{\frac{ndu_{t-T}}{360}}}{\left(1 + \frac{i_{t-T-m}}{100}\right)^{\frac{ndu_{t-T-m}}{360}}},$$

A extrapolação da taxa referente ao prazo T+k, posterior ao último prazo coletado T, é obtido pelo prolongamento da curva da estrutura temporal de taxas de juros utilizando a taxa *forward* obtida acima constante, ou seja:

$$i_{t-T+k} = \left[\left(1 + \frac{i_{t-T}}{100}\right)^{\frac{ndu_{t-T}}{252}} \times \left(\frac{1}{df(i_{fwd})}\right)^{\frac{ndu_{t-T+k} - ndu_{t-T-m}}{ndu_{t-T} - ndu_{t-T-m}}} \right]^{\frac{252}{ndu_{t-T+k}}}$$

Embora outros procedimentos para a extrapolação de taxas possam ser utilizados, alguns deles baseados em modelos

11. Procedimentos para a criação de títulos “virtuais”

Um recurso que utilizaremos para o apreçamento dos títulos públicos será a criação de pontos na curva com títulos que não são observados no mercado, são os denominados títulos “virtuais”. Este é um recurso que será utilizado para “completar” a estrutura temporal de taxas de yield to maturity dos títulos que deverão ter as suas taxas spot calculadas através do mecanismo de *bootstrap*.

Uma exigência do modelo a ser aplicado é que para toda data de pagamento de cupom de um título sempre exista o resgate de um título com características semelhantes. Este processo é conhecido como encadeamento. Como a emissão de títulos públicos no Brasil não apresenta um intervalo de datas com regularidade que permita a aplicação imediata do modelo, será necessário um mecanismo que “crie” títulos “virtuais” numa seqüência de datas de vencimentos coincidindo exatamente nas datas de pagamento de cupom dos títulos existentes.

Assim sendo, para preencher os “vazios” existentes atualmente observados nos prazos de vencimentos dos títulos brasileiros, estaremos adotando o critério de criar os títulos “virtuais”, empregando na formação de sua taxa de yield to maturity o mesmo procedimento que observamos no mercado para a criação dos títulos existentes.

Nos títulos cambiais adotaremos o spread percentual como a base para a formação do preço de um título. Desta forma, para obtermos uma taxa de yield to maturity para um determinado prazo (coincidente com a data de pagamento de cupom) utilizaremos o spread percentual interpolado para aquele prazo e aplicaremos este percentual sobre a taxa da Curva Base também para o prazo desejado.

Nos títulos indexados ao IGP-M e ao IPCA, onde verificamos títulos com resgate muito distante, pagamento de cupom semestral e um número relativamente pequeno de datas de resgate, deixando um elevado número de “vazios” na estrutura de yields to maturity e, portanto, demandando também um processo de criação de títulos “virtuais”.

Considerando que as taxas de yield to maturity dos títulos indexados à taxa de inflação medida pelo IGP-M e pelo IPCA apresentam atualmente pouca diferença entre os prazos contíguos e que também se observa uma diferença de taxas baixa tomando-se a primeira e a última data de resgate disponível, optamos por simplesmente interpolar as taxas de yield to maturity dos títulos existentes para encontrar as taxas de yield to maturity dos títulos “virtuais”.

Os títulos criados através dos processos acima preencherão a estrutura de taxas de yield to maturity, oferecendo o encadeamento necessário à aplicação do *bootstrapping*.

Segunda Parte – Calculando as Taxas e os Preços dos Títulos

1. Visão da metodologia empregada

Como este trabalho tem como objetivo o cálculo do valor do título, deveremos estar capacitados para realizar tal tarefa a qualquer momento ao longo do dia. Para esta tarefa serão utilizados: os dados do mercado de títulos públicos, coletados sob a forma de taxa de yield to maturity (ou por uma outra forma de cotação qualquer, como, por exemplo, o spread percentual, negociado para as operações denominadas “swapadas”, ou a cotação do spread multiplicativo, como é cotada a LFT) e as cotações de dos contratos derivativos que formam a Curva Base.

Para que possamos realizar os cálculos dos preços dos títulos a qualquer momento do dia, devemos levar em consideração que alguns dos títulos cujo preço foram coletado possuem programação para o pagamento de cupons de juros e que, por isso, a forma sua forma de remuneração estará expressa sob a forma de taxa de yield to maturity. Por se tratar de uma taxa média para o desconto de um fluxo, a yield to maturity não poderá ser comparada com as taxas da Curva Base, para efeito de geração de *spreads*. Assim sendo, será calculada, para cada título, uma taxa spot, que identificará a taxa pela qual o cupom ou valor de resgate daquele prazo específico deverá ser descontado para a obtenção do preço do título.

Outro ponto a ser observado para as estimativas de preço de um título a um momento qualquer do dia, é quando este apresentar o seu preço intimamente vinculado ao comportamento da cotação de um indexador,

como no caso dos títulos indexados à variação cambial, à taxa de inflação ou à taxa média Selic. Neste caso, a cotação que indexa o título, no exato momento do cálculo é importante para a determinação do preço e objetivando tornar mais eficiente o cálculo, resolvemos apurar as taxas spot em cupom “sujo”, da mesma forma como é cotado o título no mercado, e depois “limpá-las” utilizando o procedimento específico já descrito na Primeira Parte.

Com esta medida será possível calcular o preço do título a qualquer momento ao longo do dia com base em três elementos: o spread multiplicativo (em cupom “limpo”) obtido no momento da última coleta de dados e a taxa da Curva Base correspondente (em cupom “limpo”) e o preço do ativo de indexação, ambos no exato momento do cálculo. Como o primeiro desses elementos mostra um comportamento menos volátil, simplificaremos a pesquisa de dados intradiárias, através da concentração de um maior volume de amostragens nos elementos mais voláteis (Curva Base e o preço do ativo) e realizaremos pesquisas pontuais do elemento menos volátil (spread) para a obtenção do valor final do título.

2. Título Prefixado sem Cupom (LTN)

2.1. Características do título

A Letra do Tesouro Nacional representa um título de pagamento final no resgate (não possui cupom) e que é negociado pelo valor presente do valor de resgate de R\$1.000,00, apurado com seis casas decimais, conforme definido pelo Decreto nº 3.859, de 04/07/2000.

Como a taxa deste título é prefixada, não existe qualquer ativo que indexe a sua rentabilidade e a base de cálculo do spread multiplicativo será a Curva de Base de taxas de operações DI x Pré.

As datas de resgate disponíveis, inclusive aquelas que não possuam títulos em circulação, serão observadas através do arquivo do Bacen denominado arqtítulos, sob o código 10XXYY. O cálculo de taxas e preços mesmo para os títulos que não estejam em circulação objetiva manter as *Clearings* preparadas para a eventualidade de uma colocação de títulos da carteira do Bacen que, na mesma data, sejam depositados em garantia ou negociados através dos sistemas da BM&F.

2.2. Coleta de dados

Para o cálculo do preço do título, a BM&F coletará, junto ao mercado e através dos processos descritos anteriormente, a taxa de yield to maturity deste título, expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis. Esta taxa representa a remuneração implícita entre o preço do papel (valor presente do valor de resgate ou PU) e o valor de resgate (R\$1.000,00).

$$y_{t-T}^{LTN} = \left[\left(\frac{1.000}{PU} \right)^{\frac{252}{ndu_{t,T}}} - 1 \right] \times 100$$

2.3. Cálculo dos *spreads*

2.3.1. Spread multiplicativo

O spread multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{multiplicativo}; LTN)_{t-T} = \left[\frac{\left(1 + \frac{y_{t-T}^{LTN}}{100} \right)}{\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)} - 1 \right] \times 100$$

2.3.2. Spread aditivo

O spread aditivo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{aditivo}; LTN)_{t-T} = y_{t-T}^{LTN} - CB_{t-T}^{PRE}$$

2.3.3. Spread percentual

O spread percentual será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}; \text{LTN})_{t-T} = \left[\frac{\left(1 + \frac{y_{t-T}^{\text{LTN}}}{100} \right)^{1/252} - 1}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{1/252} - 1} \right] \times 100$$

2.4. Interpolação das taxas de yield to maturity

As taxas de yield to maturity para as datas de resgate disponíveis que não puderem ser observadas diretamente no mercado serão interpoladas adotando-se o critério de interpolação exponencial, conforme procedimento descrito anteriormente. Este procedimento poderá ser utilizado pelo fato do título não prever o pagamento de cupons, o que torna a taxa de yield to maturity uma taxa spot.

2.5. Preço do título

O preço do título é obtido através do desconto do valor de resgate de R\$1.000,00 pela taxa de yield obtida através da coleta ou da interpolação acima.

$$\text{PU} = \frac{1.000}{\left(1 + \frac{y_{t-T}^{\text{LTN}}}{100} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t-T}}{252}}}$$

2.6. Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o spread multiplicativo do título e a taxa da Curva Base, para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.

3. Título Prefixado com Cupom (NTN-F)

3.1. Características do título

A Nota do Tesouro Nacional série F (NTN-F) é um título prefixado com pagamento de cupom semestral com valor definido na sua emissão e

expresso na forma de taxa efetiva anual, base 252 dias corridos. O preço do título é calculado pelo valor presente do fluxo de pagamento que inclui os cupons e o valor de resgate de R\$1.000,00, apurado com seis casas decimais, conforme definido pelo Decreto nº 3.859, de 04/07/2000

3.2. Coleta de dados

Para o cálculo do preço do título, a BM&F coletará, junto ao mercado e através dos processos descritos anteriormente, a taxa de yield to maturity deste título, expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis. Esta taxa representa a taxa de juros implícita que descontando todos os fluxos gerados pelo título resulta no preço do título (PU).

Seja c_{T_k} o valor em reais do j-ésimo cupom a ser pago pelo título na data com nd_{u_k} dias de saques-reserva a partir da data de cálculo e R_T o valor de resgate do título na data T e com o prazo de nd_T dias de saques-reserva a partir da data de cálculo. A taxa de yield to maturity é a taxa interna de retorno que anula o valor presente líquido do fluxo gerado pelo título, representada por:

$$0 = \left[\sum_{k=1}^n \frac{c_{T_k}}{\left(1 + \frac{i_{TIR}}{100}\right)^{nd_{u_k}-r/252}} \right] + \left[\frac{R + c_T}{\left(1 + \frac{i_{TIR}}{100}\right)^{nd_T-r/252}} \right] - PU$$

O valor de cada um dos n cupons a serem pagos pelo título é dado por:

$$c_T = 1.000 \times \left[\left(1 + \frac{r_{cupom}}{100}\right)^{1/2} - 1 \right],$$

Onde c é a taxa de cupom, na forma anual, definida na data de emissão do título. Para efeito de cálculo do preço do título utilizaremos o valor de 10% ao ano (4,88088% ao semestre).

3.3. Cálculo das taxas *spot*

Para o cálculo das taxas spot será empregado o método de criação de títulos “virtuais” e, somente então, serão aplicados os procedimentos de bootstrapping. Este procedimento será aplicado para outros títulos e objetiva contornar a dificuldade operacional de não serem observadas emissões que garantam o encadeamento de vencimentos.

Um ponto inicial está na definição de que cada cupom pago pela NTN-F representa uma LTN, após o procedimento de *strips*¹⁴. Desta forma a taxa spot para a NTN-F, calculada para os prazos observados ou interpolados para LTN devem ser iguais, eliminando a possibilidade de arbitragem entre esses títulos.

Inicialmente, para cada data de pagamento de cupom da NTN-F será criado um título “virtual”. Para as primeiras datas de pagamento de cupom a taxa de yield to maturity será determinada utilizando a interpolação das taxas apuradas para a LTN.

Quando for atingido o último prazo com uma taxa de LTN observável no mercado, este será o último título “virtual” com uma taxa de yield to maturity capaz de ser observada no mercado. Deverá então ser calculado o spread percentual desta taxa de yield to maturity e a taxa prefixada observada na Curva Base. Da mesma forma, deverá ser calculado o spread percentual para o primeiro prazo da NTN-F coletado no mercado na forma de taxa de yield to maturity. A interpolação dos spreads percentuais (último calculado para um título “virtual” e a primeira coletada no mercado) fornecerá o spread a ser considerado para os prazos intermediários.

Os spreads percentuais a serem utilizados serão obtidos conforme abaixo:

$$\text{Spread}(\text{percentual}; \text{NTN-F})_{t-T} = \frac{\left[\left(1 + \frac{y_{t-T}^{\text{NTN-F}}}{100} \right)^{1/252} - 1 \right]}{\left[\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{1/252} - 1 \right]} \times 100$$

¹⁴ O procedimento de strips consiste em separar os cupons do principal e negociá-los separadamente. Esta nomenclatura é derivada de “*Separate Trading of Registered Interest and Principal of Securities*”.

Para a obtenção de uma taxa de yield to maturity intermediária (não observada e calculada por interpolação de spreads percentuais) é realizada da seguinte forma:

$$y_{t-T}^{NTN-F*} = \left\{ \left\{ \frac{\text{Spread}*(\text{percentual}; NTN-F)_{t-T}}{100} \times \left[\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1 \right] + 1 \right\}^{252} - 1 \right\} \times 100$$

Onde:

y_{t-T}^{NTN-F*} = taxa de yield to maturity interpolada para o prazo entre as datas t e T;

$\text{Spread}*(\text{percentual}; NTN-F)_{t-T}$ = spread percentual interpolado para o prazo.

O processo de *bootstrapping* será aplicado sobre as taxas de yield to maturity obtidas pela interpolação, encontrando as taxas spot para o segmento com prazo superior ao maior prazo disponível na LTN.

3.4. Cálculo dos spreads

3.4.1. Spread multiplicativo

O spread multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{multiplicativo}; NTN-F)_{t-T} = \left[\frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(NTN-F)_{t-T}}{100} \right)}{\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)} - 1 \right] \times 100$$

3.4.2. Spread aditivo

O spread aditivo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{aditivo}; NTN-F)_{t-T} = \text{SPOT}(NTN-F)_{t-T} - CB_{t-T}^{PRE}$$

3.4.3. Spread percentual

O spread percentual será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}; \text{NTN-F})_{t,T} = \left[\frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-F})_{t-T}}{100} \right)^{1/252} - 1}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t,T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{1/252} - 1} \right] \times 100$$

3.5 Interpolação das taxas de spot

As taxas spot calculadas para as datas de resgate e de pagamento de cupom disponíveis que não puderem ser observadas diretamente no mercado serão interpoladas adotando-se o critério de interpolação exponencial, conforme procedimento descrito anteriormente.

3.6 Preço do título

O preço do título será obtido pelo desconto do fluxo de caixa gerado pelo pagamento de cupons e pelo resgate, utilizando as taxas spot calculadas para cada um dos períodos de pagamento, conforme abaixo:

$$PU = \left[\sum_{k=1}^n \frac{C_{T_k}}{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-F})_{t-T_k}}{100} \right)^{n \Delta t_k - t_k / 252}} \right] + \left[\frac{R + C_T}{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-F})_{t-T}}{100} \right)^{n \Delta t_k - t / 252}} \right]$$

3.7 Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o spread multiplicativo do título e a taxa da Curva Base, para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.

4. Título Referenciado na Taxa Diária da Selic sem Cupom (LFT)

4.1. Características do título

Conforme definido pelo Decreto nº 3.859, a Letra Financeira do Tesouro Nacional (LFT) representa um título de pagamento final no resgate (não possui programação de cupom), indexado à taxa diária do Selic. A negociação da LFT ocorre através de um spread multiplicativo cuja função é alterar o preço de negociação com relação ao valor par do título.

O spread multiplicativo que é negociado pelo mercado é empregado na construção do fator de desconto do Valor Nominal Atualizado¹⁵ (VNA) do título. Desta forma, quando for observado um *spread* positivo, descontando o VNA, o resultado determinará um deságio sobre o preço par, ou seja, haverá uma remuneração total superior à taxa acumulada da Selic no período (devido à composição da remuneração da Selic com a remuneração dada pela convergência da cotação do título para o valor par) e um *spread* negativo determinará um ágio sobre o preço par, ou seja, uma remuneração total inferior à taxa acumulada da Selic (devido à composição da remuneração da Selic – positiva - com a remuneração dada pela convergência da cotação do título para o valor par - negativa).

As datas de resgate disponíveis, inclusive aquelas que não possuam títulos em circulação, serão observadas através do arquivo do Bacen denominado arqtítulos, sob os códigos 21XXYY e 50XXYY. O cálculo de taxas e preços mesmo para os títulos que não estejam em circulação objetiva manter as *Clearings* preparadas para a eventualidade de uma colocação de títulos da carteira do Bacen que, na mesma data, sejam depositados em garantia ou negociados através dos sistemas da BM&F.

4.2. Coleta de informações

Para o cálculo do preço do título a BM&F coletará junto ao mercado a taxa de spread multiplicativo. A praxe de mercado é cotar um *spread* para cada início de semestre civil, interpolando estas taxas para a data exata de resgate do título.

Para o prazo de um dia útil, será utilizado o spread multiplicativo apurado entre as taxas Selic e a taxa DI over, ambas estimadas para o dia de cálculo. A cotação solicitada dos informantes será sempre para a data

¹⁵ O Valor Nominal Atualizado é obtido pela atualização diária de R\$1.000,00 desde a data base do título. Segundo a Lei Complementar 101, a data base do título será a data de emissão se esta ocorrer antes de 01/07/2000 e será o dia 01/07/2000 para todos os títulos emitidos após esta data.

coincidente com o primeiro dia útil do semestre civil de cada ano com título disponível.

4.3. Cálculo dos *spreads*

A LFT não tem uma Curva Base associada, pois a sua remuneração é pós-fixada indexada pela taxa da Selic. Descreveremos, abaixo, os procedimentos para o cálculo dos *spreads* multiplicativo e percentual.

4.3.1. *Spread* multiplicativo

O *spread* multiplicativo é a própria cotação do título. O dado coletado junto ao mercado está na forma de taxa para as datas que se caracterizam como início de semestre de cada ano até o último prazo disponível para a LFT. Para os prazos que se situarem entre dois *spreads* coletados, deverá ser feita a interpolação.

A taxa de *spread* multiplicativo para o período entre a data t de cálculo e uma data T qualquer poderá ser obtida através do seguinte cálculo, conhecidos os valores para o início do semestre imediatamente anterior (data t-m) e imediatamente posterior (data t+k):

Determinando o fator de desconto para o início de semestre imediatamente anterior à data T, com *spread* coletado pela BM&F, denominado de T-m:

$$A = \left(1 + \frac{\text{spread}(\text{multiplicativo}; \text{LFT})_{t-T-m}}{100} \right)^{\frac{nd_{t+T-m}}{252}}$$

Determinando o fator de desconto para o início de semestre imediatamente posterior à data T, com *spread* coletado pela BM&F, denominado de T+k:

$$B = \left(1 + \frac{\text{spread}(\text{multiplicativo}; \text{LFT})_{t-T+k}}{100} \right)^{\frac{nd_{t+T+k}}{252}}$$

O *spread* multiplicativo para a data T é encontrado da seguinte forma:

$$\text{spread}(\text{multiplicativo}; \text{LFT})_{t,T} = \left\{ \left[A \times \left(\frac{B}{A} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t,T} - \text{ndu}_{t,m}}{\text{ndu}_{t,T} - \text{ndu}_{t,m}}} \right]^{\frac{252}{\text{ndu}_{t,T}}} - 1 \right\} \times 100$$

4.3.2. Spread percentual

O spread percentual representa a remuneração diária do título vis-à-vis à remuneração diária taxa de DI over divulgada pela Cetip. Para este cálculo deverá ser considerado, cumulativamente, o diferencial de rentabilidade diária observado entre a taxa Selic, que referencia este título, e a taxa DI over, e o efeito diário do spread multiplicativo sobre a rentabilidade diária do título.

O cálculo do spread percentual será feito da seguinte forma:

$$= \left[\frac{\left[\left(1 + \frac{\text{spread}(\text{multiplicativo}; \text{LFT})_{t,T}}{100} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t,T}}{252}} \times \left(1 + \frac{\text{Selic}_t}{100} \right)^{\frac{\text{ndu}_{t,T}}{252}} \right]^{\frac{1}{\text{ndu}_{t,T}}} - 1}{\left(1 + \frac{\text{DI}_t}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1} \right] \times 100$$

Onde Selic_t é a taxa média divulgada pela Selic, na forma efetiva anual, base 252 dias úteis, referente à data de cálculo “t”, e DI_t é a taxa média de Depósitos Interfinanceiros divulgada pela Cetip na forma efetiva anual, base 252 dias úteis, referente à data de cálculo “t”.

4.4. Preço do título

O preço do título é obtido através do desconto do valor par do título, pela taxa do spread multiplicativo interpolado para a data do resgate do título, apurando assim a cotação do título ou o percentual do Valor Nominal Atualizado a ser considerado como preço, conforme abaixo:

$$\text{cotação}_{t-T}^{\text{LFT}} = \frac{100}{\left(1 + \frac{\text{spread}(\text{multiplicativo}; \text{LFT})_{t-T}}{100}\right)^{\frac{n_{du}+1}{252}}}$$

$$\text{VNA}_t = 1.000,00 \times \prod_{j=db}^{t-1} \left(1 + \frac{\text{Sel}_j}{100}\right)^{\frac{1}{252}}$$

O preço do título será, então:

$$\text{PU} = \text{cotação}_{t-T}^{\text{LFT}} \times \text{VNA}_t$$

4.5. Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o spread multiplicativo do título para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.

5. Título Referenciado na Taxa de Câmbio com Cupom (NTN-D e NBC-E)

5.1. Características do título

Segundo o Decreto nº3859, tanto a Nota do Tesouro Nacional - Série D (NTN-D) quanto a Nota do Banco Central - Série Especial (NBC-E) são títulos públicos referenciados na taxa de câmbio de reais por dólar, divulgada como cotação de fechamento de venda pelo Bacen, através da consulta no Sisbacen PTAX800¹⁶, com o pagamento de cupom semestral em taxa a ser determinada na data de emissão.

A taxa de juros do cupom pode ser apresentada de duas formas, conforme as características definidas em sua emissão, ou através de uma taxa de juros com capitalização semi-anual sendo calculada pela divisão da taxa de juros definida na emissão por dois (esta forma é observada nas emissões

¹⁶ A referência à taxa de câmbio é feita através do denominado Valor Nominal Atualizado (VNA) divulgado diariamente pelo Bacen e representado pelo valor de R\$1.000,00 na data base do título, corrigida diariamente pela variação cambial. A Lei Complementar 101 determinou que a data base de todos os títulos emitidos após o dia 01/07/2000 não fosse a data de emissão do título, mas o dia 01/07/2000.

mais recentes, após 01/07/2000), ou através de uma taxa de juros nominal para o período exato em ano calendário de 365 dias corridos (forma observada nas emissões anteriores a 01/07/2000), conforme abaixo:

$$cc_t = \frac{i}{2}$$
$$cc_t = \frac{i}{365} \times (ndc_t)$$

Para efeito deste trabalho, utilizaremos a característica mais freqüente em circulação na data da elaboração, representada pela presença de um juros de cupom de 12% ao ano em taxa de juros nominal com capitalização semi-anual, e um calendário para pagamento de cupom na forma 30/360.

As datas de resgate disponíveis, inclusive aquelas que não possuam títulos em circulação, serão observadas através do arquivo do Bacen denominado arqtítulos, sob os códigos 73XXYY (para as NTN-D com data base anterior a 01/07/2000) e 78XXYY (para as NTN-D com data base posterior a 01/07/2000) e os códigos 13XXYY (para as NBC-E com data base anterior a 01/07/2000) e 18XXYY (para as NBC-E com data base posterior a 01/07/2000). O cálculo de taxas e preços mesmo para os títulos que não estejam em circulação objetiva manter as *Clearings* preparadas para a eventualidade de uma colocação de títulos da carteira do Bacen que, na mesma data, sejam depositados em garantia ou negociados através dos sistemas da BM&F.

5.2. Coleta de informações

A coleta das informações sobre os títulos cambiais será feita permitindo a presença de dois modelos distintos praticados pelo mercado, a saber:

- Cotação através da taxa de yield to maturity do título (taxa interna de retorno dos fluxos de caixa gerados pelo título), na forma de taxa nominal com capitalização semi-anual para calendário na forma 30/360.
- Cotação através do percentual da remuneração diária do título sobre a taxa diária do DI, observada nas operações de swap de rentabilidade com o contrato DI x Dólar.

O aplicativo que realizará o cálculo da taxa spot referente ao prazo de resgate e de pagamento de cupom dos títulos disponíveis estará apto a receber a cotação de qualquer uma das duas formas acima, sendo que a cotação por percentual do DI transformada em taxa de yield to maturity.

O procedimento para a transformação do percentual sobre a taxa diária do DI em taxa de yield to maturity será descrito mais adiante.

5.3. Cálculo das taxas spot

As taxas spot serão obtidas a partir da criação de títulos “virtuais” com data de vencimento coincidente com as data de pagamento de fluxo financeiro gerado pelo título (pagamento de cupom e resgate). Este procedimento se faz necessário pela existência de prazos para pagamento de cupom que não apresentam títulos com resgate nestas datas. Este processo de encadeamento é necessário para que seja possível aplicar o *bootstrap*.

Para o cálculo dos títulos “virtuais”, inicialmente, deverão ser transformadas as taxas da Curva Base da convenção anual linear para 360 dias corridos (como é observada nas negociações no mercado futuro de cupom cambial) para a convenção anual efetiva para o calendário 30/360.

Esta conversão será feita pela fórmula abaixo:

$$CB_{t-T}^{cc;30/360} = \left[\left(\frac{CB_{t-T}^{cc;linear}}{36.000} \times ndc_{t-T} + 1 \right)^{\frac{360}{ndc_{t-T};30/360}} - 1 \right] \times 100$$

Onde:

$CB_{t-T}^{cc;30/360}$ = taxa de cupom cambial “sujo” da Curva Base, referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, tomada na base anual efetiva para o calendário 30/360;

$CB_{t-T}^{cc;linear}$ = taxa de cupom cambial “sujo” da Curva Base, referente ao prazo entre as datas “t” e “T”, tomada na base anual linear para 360 dias corridos;

$ndc_{t-T;30/360}$ = número de dias corridos entre as datas “t” e “T” no calendário 30/360, conforme foi descrito anteriormente.

É calculado o spread percentual das taxas de yield to maturity coletadas junto ao mercado, tomando-se como base deste cálculo as taxas de cupom cambial da Curva Base com a transformação acima. Esta etapa busca identificar o prêmio que o mercado vem cobrando sobre a curva de derivativos para negociar cada uma das maturidades informadas.

O passo seguinte será criar novos pontos de informação, agora de prêmio sobre a curva de derivativos, utilizando-se os spreads percentuais obtidos pelo cálculo acima e realizando a interpolação desses valores para os prazos dos títulos “virtuais”, que deverão coincidir com as datas de pagamento de cupom e de resgate dos títulos disponíveis no mercado, pelo método linear por dias de saques-reserva, já descrito anteriormente.

Para que possamos ter uma estrutura de taxas de yield to maturity com o encadeamento necessário à realização do *bootstrap*, novamente é realizada a transformação dos spreads percentuais observados e interpolados, para se obtenha taxas de yield to maturity, agora para os prazos dos títulos “virtuais”. As taxas de yield to maturity são obtidas pela fórmula abaixo:

$$y_{t-T}^{NTN-D} = \left\{ \frac{\left\{ \left[\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1 \right] \times spread(multiplicativo; NTN-D) + 1 \right\}^{\frac{n \cdot d_{t-T}}{360}}}{\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)^{\frac{n \cdot d_{t-T}}{252}}} \times \left[\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{CF, 30/360}}{100} \right)^{\frac{n \cdot d_{t-T} - T \cdot 360}{360}} - 1 \right] \right\} \times 100$$

As taxas spot para os títulos cambiais são calculadas, então, pela aplicação direta do *bootstrap* sobre a estrutura temporal de taxas de yield to maturity calculada conforme acima para os prazos de pagamento de cupom e de resgate de cada um dos títulos disponíveis.

Após o cálculo das taxas spot na convenção anual efetiva no calendário 30/360, conforme descrito acima, deverá ser procedida a conversão dessas taxas para a convenção anual linear base 360 dias corridos, tornando possível a comparação com as taxas da Curva Base e simplificando o cálculo dos spreads. As taxas encontradas, após esta conversão, são designadas conforme abaixo:

SPOT(NTN-D)_{t-T} e

$$\text{SPOT}(\text{NBC-E})_{t-T}$$

5.4. Cálculo dos *spreads*

5.4.1. Spread multiplicativo

O spread multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{multiplicativo}; \text{NTN-D})_{t-T} = \left[\frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-D})_{t-T}}{100} \right)}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{cc}}}{100} \right)} - 1 \right] \times 100$$

5.4.2. Spread aditivo

O spread aditivo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{aditivo}; \text{NTN-D})_{t-T} = \text{SPOT}(\text{NTN-D})_{t-T} - \text{CB}_{t-T}^{\text{cc}}$$

5.4.3. Spread percentual

O spread percentual será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}; \text{NTN-D})_{t-T} = \left[\frac{A \times \left[\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRB}}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1 \right]}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRB}}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1} \right] \times 100$$

$$A = \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-D})_{t-T}}{\text{CB}_{t-T}^{\text{cc}}}$$

5.5. Interpolação das taxas spot

As taxas spot calculadas para as datas de resgate e de pagamento de cupom disponíveis que não puderem ser observadas diretamente no mercado serão

interpoladas adotando-se o critério de interpolação exponencial, conforme procedimento descrito anteriormente.

5.6. Preço do título

O passo inicial é determinar a cotação do título, que representa o percentual do valor de face. O cálculo da cotação é feito conforme abaixo:

$$\text{cotação}_{t-T}^{\text{NTN-D}} = \left[\sum_{k=1}^{n-1} \frac{C_{T_k}}{\left(\frac{\text{SPOT}(\text{NTN} - D)_{t-T_k} \times ndc_{t-T_k} + 1}{36.000} \right)} \right] + \left[\frac{R + C_T}{\left(\frac{\text{SPOT}(\text{NTN} - D)_{t-T} \times ndc_{t-T} + 1}{36.000} \right)} \right]$$

O preço do título (PU) é obtido pela multiplicação do Valor Nominal Atualizado do título (VNA) pela cotação acima, dividida por 100.

$$\text{VNA}_t = 1.000 \times \frac{\text{PTAX}_{t-1}}{\text{PTAX}_{ab}}$$

$$\text{PU} = \text{cotação}_{t-T}^{\text{NTN-D}} \times \text{VNA}_t$$

A data-base para efeito do cálculo do VNA é o dia 01/07/2000 para os títulos emitidos após esta data e a data de emissão do título para todos os que tiverem sido emitidos antes de 01/07/2000¹⁷.

5.7. Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o spread multiplicativo do título para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.

6. Título Referenciado na Taxa de Inflação do IGP-M com Cupom (NTN-C)

6.1. Características do título

A Nota do Tesouro Nacional Série C (NTN-C) representa um título referenciado na taxa de inflação medida pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), apurado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de

¹⁷ Esta regra é estabelecida pela Lei Complementar 101.

Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV)¹⁸, com o pagamento de cupom semestral em taxa a ser determinada na data de emissão.

Na emissão o Tesouro estabelece uma taxa de juros que será utilizada no cupom semestral a ser pago, de acordo com o critério de formação de calendário para o pagamento de cupom, descrito no item 7 da primeira parte deste trabalho. A taxa de juros será expressa na forma efetiva anual, base 252 dias úteis.

A título de exemplo, uma taxa de juros de cupom de 6% resulta numa taxa semestral de 2,9563% e uma taxa de cupom de 12% ao ano resulta numa taxa semestral de 5,83%.

As datas de resgate disponíveis, inclusive aquelas que não possuam títulos em circulação, serão observadas através do arquivo do Bacen denominado arqtítulos, sob o código 77XXYY. O cálculo de taxas e preços mesmo para os títulos que não estejam em circulação objetiva manter as *Clearings* preparadas para a eventualidade de uma colocação de títulos da carteira do Bacen que, na mesma data, sejam depositados em garantia ou negociados através dos sistemas da BM&F.

6.2. Coleta de informações

Para o cálculo do preço do título, a BM&F coletará, junto ao mercado e através de processos descritos anteriormente, a taxa de yield to maturity deste título, expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis. Esta taxa representa a forma como o título é negociado e é obtida através da taxa interna de retorno do fluxo de pagamentos do título. A taxa interna de retorno representa a taxa de juros que anula o valor presente líquido do fluxo do título, conforme abaixo:

$$0 = \left[\sum_{k=1}^{n-1} \frac{c_{Tk}}{(1 + i_{TIR})^{\frac{ndk + 1}{252}}} \right] + \left[\frac{R + c_T}{(1 + i_{TIR})^{\frac{ndn + 1}{252}}} \right] - PU_t$$

¹⁸ A referência à taxa de inflação é feita através do denominado Valor Nominal Atualizado (VNA) divulgado diariamente pelo Bacen e representado pelo valor de R\$1.000,00 na data base do título, corrigida mensalmente pela no índice de preço do IGP-M. O valor do VNA da NTN-B é atualizado no primeiro dia útil posterior ao dia 15 do mês, utilizando a variação do IPCA observada e divulgada para o mês imediatamente anterior. A Lei Complementar 101 determinou que a data base de todos os títulos emitidos após o dia 01/07/2000 não fosse a data de emissão do título, mas o dia 01/07/2000.

Onde:

c_{Tk} = valor do cupom a ser pago na data T_k , antes do vencimento do título T ;

ndu_{t-Tk} = número de dias de saques-reserva da data de cálculo até a data do pagamento do cupom T_k ;

k = cada um dos cupons previstos para serem pagos pelo título, conforme a regra disposta no item 8 da primeira parte;

PU_t = preço do título.

6.3. Cálculo da taxa spot

A taxa spot do título será obtida através do método de *bootstrap*, conforme descrito no item 6 da primeira parte. Como é observada uma elevada dispersão das datas de resgate dos títulos e prazos muito longos, atingindo até mesmo o prazo de 28 anos, deverão ser realizadas algumas transformações nos dados recebidos. Será criada uma sequência de títulos “virtuais”, visando criar a cadeia de vencimentos, tarefa que permitirá a aplicação do método de *bootstrap*.

Serão adotados os seguintes procedimentos para a apuração da estrutura de taxas spot para todas as datas de resgate de título e de pagamento de cupom previstas para os títulos NTN-C:

- a) Será tomado como referência para o cálculo um título com pagamento de cupom de 6% ao ano, taxa expressa na forma efetiva anual, base 252 dias úteis;
- b) Como não existe uma quantidade de títulos com vencimentos encadeados de forma a permitir a aplicação imediata do método de *bootstrap*, será utilizada a interpolação das taxas de yield to maturity existentes (com informação coletada), encontrando taxas para títulos “virtuais” cuja data de resgate deverá coincidir com as data de pagamento de cupom e de resgates dos títulos existentes;
- c) Após a apuração da taxa spot para cada um dos prazos de resgate de títulos e de pagamento de cupom, será calculado o cupom limpo equivalente desta taxa spot, através do procedimento descrito no item 5.6 da primeira parte deste trabalho. Desta forma, todas as informações prestadas por esta metodologia referentes a taxa spot dos títulos referenciados em taxa de inflação estarão sempre em cupom limpo, ou seja, sem a presença de resíduos inflacionários

decorridos a serem incorporados ou descontados da taxa de negociação.

6.4. Cálculo dos *spreads*

6.4.1. Spread multiplicativo

O spread multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{multiplicativo}; \text{NTN-C})_{t-T} = \left\{ \frac{\left[1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-C})_{t-T}}{100} \right]}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{ignml}}}{100} \right)} - 1 \right\} \times 100$$

Onde a taxa spot para a NTN-C foi calculada a partir do método de *bootstrap*, e está expressa em cupom limpo para a determinação do spread multiplicativo, da mesma forma que a taxa da Curva Base.

6.4.2. Spread aditivo

O spread aditivo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{aditivo}; \text{NTN-C})_{t-T} = \text{SPOT}(\text{NTN-C})_{t-T} - \text{CB}_{t-T}^{\text{ignml}}$$

6.4.3. Spread percentual

O spread percentual será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{percentual}; \text{NTN-C})_{t-T} = \frac{\left[A \times \left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{\frac{\text{nd}_{t,T}}{252}} \right]^{\frac{1}{\text{nd}_{t,T}}} - 1}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{PRE}}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1} \times 100$$

$$A = \frac{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-C})_{t-T}}{100} \right)^{\frac{\text{nd}_{t,T}}{252}}}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{ignml}}}{100} \right)^{\frac{\text{nd}_{t,T}}{252}}}$$

6.5. Interpolação das taxas de *yields*

As taxas de *yield to maturity* são para os prazos não observados no mercado, seja pela ausência de liquidez, seja pela não existência do título (conforme procedimento de cálculo de taxas *spot*, descrito acima) são obtidas, através de interpolação por dias de saques-reserva com taxas *forwards* constantes, utilizando para tal o procedimento descrito no item 9 da primeira parte deste trabalho.

6.6. Preço do título

$$\text{cotação}_{t-T}^{\text{NTN}-C} = \left[\sum_{k=1}^{n-1} \frac{c_{T_k}}{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN}-C)_{t-T_k}}{100} \right)^{n \Delta t_k - n / 252}} \right] + \left[\frac{R + c_T}{\left(1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN}-C)_{t-T} }{100} \right)^{n \Delta t_T - T / 252}} \right]$$

Onde:

$\text{cotação}_{t-T}^{\text{NTN}-C}$ é a cotação do título em termos de percentual do Valor Nominal Atualizado do título, que compreende o valor de R\$1.000,00 na data base do título atualizado pelo IGP-M.

O preço do título será obtido pela multiplicação da cotação do título pelo VNA da data e realizando a atualização do VNA pela taxa de inflação esperada para o mês corrente, uma vez que a cotação acima foi calculada com taxas *spot* em cupom limpo e o título é negociado em cupom sujo.

$$\text{VNA}_t = \text{VNA} \times \frac{\text{PRT}_t^{\text{igm}}}{\text{IGP} - M_{m-1}}$$

6.7. Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o *spread multiplicativo* do título para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.

7. Título Referenciado na Taxa de Inflação do IPCA com Cupom (NTN-B)

7.1. Características do título

A Nota do Tesouro Nacional Série B (NTN-B) representa um título referenciado na taxa de inflação medida pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), apurado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁹, com o pagamento de cupom semestral em taxa a ser determinada na data de emissão.

Na emissão o Tesouro estabelece uma taxa de juros que será utilizada no cupom semestral a ser pago, de acordo com o critério de formação de calendário para o pagamento de cupom, descrito no item 7 da primeira parte deste trabalho. A taxa de juros será expressa na forma efetiva anual, base 252 dias úteis.

A título de exemplo, uma taxa de juros de cupom de 6% resulta numa taxa semestral de 2,9563% e uma taxa de cupom de 12% ao ano resulta numa taxa semestral de 5,83%.

As datas de resgate disponíveis, inclusive aquelas que não possuam títulos em circulação, serão observadas através do arquivo do Bacen denominado arqtítulos, sob o código 76XXYY. O cálculo de taxas e preços mesmo para os títulos que não estejam em circulação objetiva manter as *Clearings* preparadas para a eventualidade de uma colocação de títulos da carteira do Bacen que, na mesma data, sejam depositados em garantia ou negociados através dos sistemas da BM&F.

7.2. Coleta de informações

Para o cálculo do preço do título, a BM&F coletará, junto ao mercado e através de processos descritos anteriormente, a taxa de yield to maturity deste título, expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis. Esta taxa representa a forma como o título é negociado e é obtida através da taxa

¹⁹ A referência à taxa de inflação é feita através do denominado Valor Nominal Atualizado (VNA) divulgado diariamente pelo Bacen e representado pelo valor de R\$1.000,00 na data base do título, corrigida mensalmente pela no índice de preço do IPCA. O valor do VNA da NTN - B é atualizado no primeiro dia útil posterior ao dia 15 do mês, utilizando a variação do IPCA observada e divulgada para o mês imediatamente anterior. A Lei Complementar 101 determinou que a data base de todos os títulos emitidos após o dia 01/07/2000 não fosse a data de emissão do título, mas o dia 01/07/2000.

interna de retorno do fluxo de pagamentos do título. A taxa interna de retorno representa a taxa de juros que anula o valor presente líquido do fluxo do título, conforme abaixo:

$$0 = \left[\sum_{k=1}^{n-1} \frac{c_{Tk}}{(1 + i_{TIR})^{\frac{ndu_{t,Tk}}{252}}} \right] + \left[\frac{R + c_T}{(1 + i_{TIR})^{\frac{ndu_{t,T}}{252}}} \right] - PU_t$$

Onde:

c_{Tk} = valor do cupom a ser pago na data T_k , antes do vencimento do título T ;

$ndu_{t,Tk}$ = número de dias de saques-reserva da data de cálculo até a data do pagamento do cupom T_k ;

k = cada um dos cupons previstos para serem pagos pelo título, conforme a regra disposta no item 8 da primeira parte;

PU_t = preço do título.

7.3. Cálculo da taxa spot

A taxa spot do título será obtida através do método de *bootstrap*, conforme descrito no item 6 da primeira parte. Como é observada uma elevada dispersão das datas de resgate dos títulos e prazos muito longos, atingindo até mesmo o prazo de 30 anos, deverão ser realizadas algumas transformações nos dados recebidos. Será criada uma sequência de títulos “virtuais”, visando criar a cadeia de vencimentos, tarefa que permitirá a aplicação do método de *bootstrap*.

Serão adotados os seguintes procedimentos para a apuração da estrutura de taxas spot para todas as datas de resgate de título e de pagamento de cupom previstas para os títulos NTN-B:

- d) Será tomado como referência para o cálculo um título com pagamento de cupom de 6% ao ano, taxa expressa na forma efetiva anual, base 252 dias úteis;
- e) Como não existe uma quantidade de títulos com vencimentos encadeados de forma a permitir a aplicação imediata do método de *bootstrap*, será utilizada a interpolação das taxas de yield to maturity existentes (com informação coletada), encontrando taxas para títulos

- “virtuais” cuja data de resgate deverá coincidir com as data de pagamento de cupom e de resgates dos títulos existentes;
- f) Após a apuração da taxa spot para cada um dos prazos de resgate de títulos e de pagamento de cupom, será calculado o cupom limpo equivalente desta taxa spot, através do procedimento descrito no item 5.6 da primeira parte deste trabalho. Desta forma, todas as informações prestadas por esta metodologia referentes a taxa spot dos títulos referenciados em taxa de inflação estarão sempre em cupom limpo, ou seja, sem a presença de resíduos inflacionários decorridos a serem incorporados ou descontados da taxa de negociação.

7.4. Cálculo dos *spreads*

7.4.1. Spread multiplicativo

O *spread* multiplicativo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{multiplicativo;NTN-B})_{t-T} = \left\{ \frac{\left[1 + \frac{\text{SPOT}(\text{NTN-B})_{t-T}}{100} \right]}{\left(1 + \frac{\text{CB}_{t-T}^{\text{ica}}}{100} \right)} - 1 \right\} \times 100$$

Onde a taxa spot para a NTN-B foi calculada a partir do método de *bootstrap*, e está expressa em cupom limpo para a determinação do spread multiplicativo, da mesma forma que a taxa da Curva Base.

7.4.2. Spread aditivo

O spread aditivo será calculado da seguinte forma:

$$\text{Spread}(\text{aditivo;NTN-B})_{t-T} = \text{SPOT}(\text{NTN-B})_{t-T} - \text{CB}_{t-T}^{\text{ica}}$$

7.4.3. Spread percentual

O spread percentual será calculado da seguinte forma:

$$Spread(percentage; NTN-B)_{t-T} = \frac{\left[A \times \left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-r}}{252}} \right]^{\frac{1}{ndu_{t-r}}} - 1}{\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{PRE}}{100} \right)^{\frac{1}{252}} - 1} \times 100$$

$$A = \frac{\left(1 + \frac{SPOT(NTN-B)_{t-T}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-r}}{252}}}{\left(1 + \frac{CB_{t-T}^{ka}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-r}}{252}}}$$

7.5. Interpolação das taxas de *yields*

As taxas de *yield to maturity* são para os prazos não observados no mercado, seja pela ausência de liquidez, seja pela não existência do título (conforme procedimento de cálculo de *taxas spot*, descrito acima) são obtidas, através de interpolação por dias de saques-reserva com taxas *forwards* constantes, utilizando para tal o procedimento descrito no item 9 da primeira parte deste trabalho.

7.6. Preço do título

$$cotação_{t-T}^{NTN-B} = \left[\sum_{k=1}^{n-1} \frac{C_{T_k}}{\left(1 + \frac{SPOT(NTN-B)_{t-T_k}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-T_k}}{252}}} \right] + \left[\frac{R + C_T}{\left(1 + \frac{SPOT(NTN-B)_{t-T}}{100} \right)^{\frac{ndu_{t-r}}{252}}} \right]$$

Onde:

$cotação_{t-T}^{NTN-B}$ é a cotação do título em termos de percentual do Valor Nominal Atualizado do título, que compreende o valor de R\$1.000,00 na data base do título atualizado pelo IPCA.

O preço do título será obtido pela multiplicação da cotação do título pelo VNA da data e realizando a atualização do VNA pela taxa de inflação esperada para o mês corrente, uma vez que a cotação acima foi calculada com *taxas spot* em cupom limpo e o título é negociado em cupom sujo.

$$VNA_t = VNA \times \frac{PRT_t^{ica}}{IGP - M_{m-1}}$$

7.7. Informações a serem divulgadas

Serão divulgadas as informações sobre o spread multiplicativo do título para todas as datas de resgate de título disponíveis no arquivo arqtítulo do Bacen.