





# MARK-TO-MARKET DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIA

VERSÃO JANEIRO 2018

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 2

Versão	Data	Autor	Descrição
1.0	01/12/2017	Sergio Carnevale	Atualização do Manual Mark to Market.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 3

**Revisores**


Rudnei Varjão

\_\_\_\_\_

15/01/2018

\_\_\_\_\_

Data

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 4

## Aprovações



RE Manual MTM -  
Tesouraria.msg


Francinilda Mendes

Gerente da Área

15/01/2017


Data

Aprovação anexa

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 5


## SUMÁRIO

1	Introdução .....	7
1.1	Definição de Variáveis .....	7
1.2	Metodologia para acúmulo de taxas .....	7
1.3	Visão do Processo e Estrutura Organizacional .....	8
1.3.1	Estruturas envolvidas no Processo .....	9
1.3.2	Definição do Spread de Crédito .....	9
1.3.3	Circuit Breaker na BM&F/Bovespa .....	9
1.3.4	Ativos em Default .....	9
1.4	Cotas de Fundos .....	10
2	Estrutura a Termo de Taxas de Juros .....	10
2.1	Curvas de Juros em Reais .....	10
2.1.1	Curva de Juros Pré-fixada .....	10
2.1.2	Curva de Cupom de SELIC .....	10
2.1.3	Curva de Cupom de IGP-M .....	11
2.1.4	Curva de Cupom de IPCA .....	11
2.1.5	Curva de Cupom de INPC .....	11
2.1.6	Curva de Cupom de Dólar .....	12
2.1.7	Curva de Cupom de Euro .....	12
2.1.8	Curva de Cupom de Iene .....	12
2.1.9	Curva de Cupom de ANBID .....	13
2.1.10	Curva de Cupom de TJLP .....	13
2.1.11	Curva de Cupom de TR .....	13
2.1.12	Curva Libor .....	13
2.2	Metodologias .....	14
2.2.1	Bootstrapping .....	14
2.2.2	Interpolação de Taxas .....	15
2.2.3	Interpolação de Superfície de Volatilidade .....	15
2.2.4	Extrapolação .....	16
3	Metodologias de Marcação a Mercado .....	16
3.1	Títulos Públicos Federais .....	16
3.1.1	Letras Financeiras do Tesouro .....	16
3.1.2	Letras do Tesouro Nacional .....	16
3.1.3	Notas do Tesouro Nacional – Série B .....	17
3.1.4	Notas do Tesouro Nacional – Série C .....	17
3.1.5	Notas do Tesouro Nacional – Série F .....	18
3.1.6	Notas do Tesouro Nacional – Subsérie A <sub>3</sub> .....	18
3.1.7	Título da Dívida Agrária .....	19
3.1.8	CFT - Certificado Financeiro do Tesouro .....	19
3.2	Títulos da Dívida Externa .....	19
3.2.1	Global Bonds .....	19
3.3	Títulos Privados .....	20

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 6

3.3.1	CDB – Certificado de Depósito Bancário .....	20
3.3.2	Operações Compromissadas .....	21
3.4	Derivativos .....	22
3.4.1	Futuros .....	22
3.4.2	Swaps .....	23
3.4.3	Opções .....	28
3.4.4	Forward de Moedas .....	35
3.4.5	NDF – Non Deliverable Forward .....	36
3.5	Outras Operações .....	37
3.5.1	Operação Estruturada Pré-Fixada .....	37
3.5.2	Swap Libor x Fixed Rate atrelada à Libor .....	37
3.5.3	Operação de Derivativo – USD/BRL TARN .....	39
3.5.4	Empréstimo indexado à LIBOR .....	40
3.5.5	Box .....	41
3.5.6	“Termo de Renda Fixa” .....	41
3.5.7	Ativos Estrangeiros .....	41
3.5.8	Certificado de Operações Estruturadas (COE) .....	42
3.5.9	Operações Estruturada – Autocall .....	42
3.6	Fundos de Investimento .....	43
3.6.1	Fundos de Investimentos no Exterior .....	43
3.7	Outros Procedimentos e Metodologias .....	43

Informações e dúvidas sobre este documento pelo e-mail: [brazil.risk.team.sfs@citi.com](mailto:brazil.risk.team.sfs@citi.com)

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 7

## 1 Introdução

Esse documento apresenta os processos e as metodologias utilizadas para a marcação a mercado dos ativos custodiados pelo Citi. O conteúdo do arquivo pode ser descrito resumidamente da seguinte forma:

### 1.1 Definição de Variáveis

Esse capítulo será dedicado à definição das variáveis a serem utilizadas ao longo do presente documento. Em alguns casos, sobretudo para variáveis menos comuns, as variáveis serão definidas de acordo com a necessidade.

$t$  = data para a qual será calculado o valor a mercado do ativo;

$t_0$  = data de emissão (ou data-base, para os títulos que a possuem) do ativo;

$t_i$  = data de pagamento do  $i$ -ésimo cupom do papel;

$t_F$  = data de vencimento do ativo;

$PU_0$  = valor de emissão de um título ou de um derivativo;

$PU_t$  = valor corrigido do ativo, até a data  $t$ ;

$C_0$  = valor do cupom (taxa de juros) do papel;

$\alpha_0$  = percentual do indexador, na ocasião da emissão do papel;

$(1 + Ind)_{t_0}^t$  = variação do índice de correção do ativo, desde a data  $t_0$  até a data  $t$ ;

$(1 + r)_t^{t_F}$  = variação da taxa de desconto do ativo, de acordo com a especificação da taxa, desde a data  $t$  até a data  $t_F$ ;

$CDI$  = CDI observado (ou projeção do CDI, idêntica à projeção da taxa pré, dada pela Curva pré sem Caixa) entre as datas em questão;

$Ind$  = variação do indexador do papel entre as datas em questão, sem a utilização de projeções;

$SELIC$  = taxa SELIC, disponível no BACEN - Banco Central do Brasil;

$VFace$  = valor de face do título;

$VF$  = valor futuro contratado na operação;

$VPA$  = valor da ponta ativa, na data em questão;

$VPP$  = valor da ponta passiva, na data em questão.

$\alpha_t$  = spread de crédito do emissor, em percentual, na data em questão;

$C_t$  = spread de crédito do emissor na data em questão;

$PU_i$  = valor não-amortizado até o  $i$ -ésimo pagamento de juros;

$A_j$  = valor da  $j$ -ésima amortização.

### 1.2 Metodologia para acúmulo de taxas

Ao longo desse tópico, sempre vamos supor que queremos acumular uma taxa  $T$  entre duas datas determinadas,  $t_0$  e  $t$ . Esse valor será representado por  $T_{t_0}^t$ .


#### Taxa Linear

Nesse caso, o acúmulo é dado por:

$$T_{t_0}^t = T_{t_0}^{t_1} + T_{t_1}^{t_2} + \dots + T_{t-2}^{t-1} + T_{t-1}^t$$

#### Taxa Exponencial

Nesse caso, o acúmulo é dado por:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 8

$$T_{t_0}^t = (1 + T_{t_0}^{t_1}) \times (1 + T_{t_1}^{t_2}) \times \dots \times (1 + T_{t_{t-2}}^{t_{t-1}}) \times (1 + T_{t_{t-1}}^t) - 1$$

#### Acúmulo de percentual de taxa

O acúmulo de taxas que podem ser calculadas a partir da modificação por um percentual da mesma, como o CDI, por exemplo, é feito da seguinte forma:

$$(1 + \alpha T)_{t_0}^t = \prod_{i=t_0}^t (1 + \alpha T)_i$$

### 1.3 Visão do Processo e Estrutura Organizacional

O processo de marcação a mercado dos títulos e valores mobiliários existentes nos fundos de investimento proprietário administrados/controlados pelo Citi é de responsabilidade das Unidades de Risco e Precificação: Markets Operations. ..

A Unidade de Risco é responsável pela definição e revisão das metodologias de precificação dos ativos, avaliando e indicando as fontes primárias e alternativas, além da análise e controle de risco de mercado dos fundos.

A Unidade de Precificação é responsável pela coleta, tratamento, verificação, disponibilização dos preços e utilização diária do sistema de precificação – serviço terceirizado – que envia as informações de preços para a área de Processamento de Carteira.

Os procedimentos de marcação a mercado são diários e abrangem todos os ativos e derivativos dos fundos e carteiras administradas. O processo de marcação a mercado consiste em:

- Coleta de preços;
- Tratamento dos preços coletados;
- Validação dos dados/preços tratados;
- Aplicação dos preços às carteiras;
- Validação da aplicação dos preços às carteiras;
- Supervisão dinâmica da metodologia.

#### I. Coleta de preços

A obtenção das informações é feita de maneira automática, visando minimizar erros operacionais. Como norma e sempre que disponível, são utilizados dados públicos, ou seja, preços dos mercados organizados (BM&F/Bovespa) ou referências de mercado (ANBIMA). São utilizadas as seguintes fontes primárias de preços:

Títulos Públicos Federais: ANBIMA

Debêntures: ANBIMA

Ações: BM&F/Bovespa

Derivativos: BM&F/Bovespa

Selic: Bacen

TR: Bacen

Ptax: Bacen

CDI: Cetip

IGP-M: FGV

IPCA: IBGE

Projeção dos Índices de Preços: ANBIMA


Títulos da Dívida Externa: Market Feeder disponível

Ativos no exterior: Market Feeder disponível

#### II. Tratamento dos preços coletados

O tratamento dos preços coletados é necessário em alguns casos específicos como por exemplo: cálculo da volatilidade para opções e situações em que a informação não está expressa da maneira necessária, como base de



	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 9

capitalização (linear/exponencial), contagem de dias (corridos/úteis), etc.

### III. Validação dos dados/preços tratados

A validação dos preços é realizada através de um processo de feito e conferido. Este processo de feito e conferido consiste em comparar os dados de entrada, cálculos e os dados de saída existentes em duas bases de dados distintas e segregadas para tal. Havendo alguma incoerência o processo é refeito após a devida análise.

### IV. Aplicação dos preços às carteiras

Os preços coletados, tratados e validados são inseridos de maneira automática no Sistema de processamento de carteiras pela Unidade de Precificação. O Sistema, ao efetuar o cálculo das carteiras, automaticamente aplica os preços às mesmas.

### V. Validação da aplicação dos preços às carteiras

A unidade de processamento efetua verificações dos retornos das carteiras processadas, de forma a garantir a acuidade dos resultados apurados antes de sua divulgação.

### VI. Supervisão dinâmica da metodologia

A supervisão da metodologia, ou seja, as fontes de informações e os modelos utilizados são de responsabilidade da Unidade de Risco. Quando da criação de novas classes de ativos e/ou novas fontes primárias de preços, a Unidade de Risco buscará adotar estas novas informações o mais rápido possível.

#### 1.3.1 Estruturas envolvidas no Processo

A Unidade de Risco de Mercado é responsável pela definição e revisão das metodologias de precificação, avaliando e indicando as fontes primárias e alternativas.

A Unidade de Precificação é responsável pela coleta e tratamento dos preços e de sua aplicação às carteiras.

#### 1.3.2 Definição do Spread de Crédito

Em casos de comportamento atípico do mercado ou não sendo possível utilizar as fontes primárias, a Unidade de Risco poderá estabelecer procedimento alternativo para definir o fator de spread dos ativos privados, de modo que os preços reflitam as condições de mercado. A Unidade de Risco poderá considerar em sua análise o comportamento das curvas de juros, o rating do emissor, duration, as negociações em mercado secundário, análise de ativos equivalentes de maior liquidez, spreads divulgados pela ANBIMA e serviços terceirizados especializados no mercado de crédito. Além disso, de modo a avaliar a qualidade de crédito dos emissores e alcançar maior precisão na definição deste spread, poderão ser consultados sistemas que fornecem relatórios de rating e da situação financeira-corporativa da empresa, como por exemplo, o Serasa.

Por comportamento atípico de mercado entendem-se fatores exógenos (legislação, risco operacional, concentração, liquidez etc) que resultam na alteração das condições/característica dos ativos e na qualidade das informações do mercado, impactando no processo de precificação e na adoção dos princípios de marcação a mercado:


- a) restrição da liquidez pelos agentes do mercado;
- b) alteração da legislação que altere a oferta e demanda de ativos financeiros;
- c) fechamento das bolsas por problemas operacionais;
- d) divergências sem explicação econômica ou financeira;
- e) situações de crise sistêmica.

#### 1.3.3 Circuit Breaker na BM&F/Bovespa

Mesmo em caso de *circuit breaker* será utilizado, a priori, o ajuste divulgado pela BM&F/Bovespa para a valorização dos derivativos.

#### 1.3.4 Ativos em Default

No caso de aumento da chance de não pagamento de um ativo ou na ocorrência de default, a Unidade de Risco determinará a taxa justa a ser utilizada para a precificação deste ativo, visando que não ocorra transferência de riqueza entre cotistas.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 10

## 1.4 Cotas de Fundos

### Metodologia de Marcação a Mercado:

- i) Fundos com cota de abertura: a cota de abertura em D+1 é definida a partir da capitalização dos ativos do fundo marcados a mercado em D+0, utilizando-se para tal as taxas de fechamento do mercado apuradas em D+0.
- ii) Fundos com cota de fechamento: a cota de fechamento em D+0 é definida a partir da marcação a mercado dos ativos do fundo, utilizando-se para tal as taxas de fechamento do mercado em D+0.

## 2 Estrutura a Termo de Taxas de Juros

### 2.1 Curvas de Juros em Reais

Ao longo desse capítulo, descreveremos as metodologias e as fontes de dados utilizadas para a construção de curvas de mercado. Essas curvas serão aplicadas aos ativos dos quais se quer obter o valor a mercado.

#### 2.1.1 Curva de Juros Pré-fixada

##### 2.1.1.1 Curva Pré Sem Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: a origem será obtida de acordo com o prazo:
  - ✓ Taxa DI, para o primeiro dia útil;
  - ✓ Taxa de DI Futuro.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

##### 2.1.1.2 Curva Pré Com Caixa


Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: ANBIMA;
- Origem: taxas indicativas de LTN (Letras do Tesouro Nacional) e de NTN-F (Notas do Tesouro Nacional – Série F);
- Metodologia para obtenção de Vértices: Bootstrapping;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

#### 2.1.2 Curva de Cupom de SELIC

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: ANBIMA;
- Origem: taxas indicativas de LFT (Letras Financeiras do Tesouro);
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 11

- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

### 2.1.3 Curva de Cupom de IGP-M

#### 2.1.3.1 Curva de Cupom de IGP-M com Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: ANBIMA;
- Origem: taxas indicativas de NTN-C (Notas do Tesouro Nacional – Série C);
- Metodologia para obtenção de Vértices: Bootstrapping;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

#### 2.1.3.2 Curva de Cupom de IGP-M sem Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: taxas de swap DI x IGP-M;
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

É importante ressaltar que esta curva é denominada de “curva suja” porque incorpora as projeções do IGP-M dentro do mês de referência.

### 2.1.4 Curva de Cupom de IPCA

#### 2.1.4.1 Curva de Cupom de IPCA com Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: ANBIMA;
- Origem: taxas indicativas de NTN-B (Notas do Tesouro Nacional – Série B);
- Metodologia para obtenção de Vértices: Bootstrapping;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.


#### 2.1.4.2 Curva de Cupom de IPCA sem Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: taxas de swap DI x IPCA;
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

### 2.1.5 Curva de Cupom de INPC

Essa curva deve possuir as seguintes características:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 12

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: taxas de swap INPC;
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

## 2.1.6 Curva de Cupom de Dólar

### 2.1.6.1 Curva de Cupom de Dólar sem Caixa

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: Futuro de DDI
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação linear, base 360 dias corridos;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

É importante ressaltar que tal procedimento gera uma curva conhecida como “cupom sujo”, uma vez que sua origem ocorre em taxas que consideram o dólar do dia anterior à sua formação.

## 2.1.7 Curva de Cupom de Euro

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: taxas de swap DI x Euro;
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação linear, base 360 dias corridos;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

## 2.1.8 Curva de Cupom de Iene

Essa curva deve possuir as seguintes características:


- Fonte de Dados: BM&F/Bovespa;
- Origem: em função do vértice:
  - ✓ Taxa REAL x IENE e Curva Pré sem Caixa, para o primeiro mês;
  - ✓ Taxa “Cupom Sujo de Yen”, para os vértices mais longos.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação linear, base 360 dias corridos;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

Para o cálculo do cupom de Iene no primeiro mês, deve-se fazer:

$$s = \frac{I + r}{I + y} - I$$

onde:

$s$  = cupom de Iene, para um determinado período;

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 13

$r$  = taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem caixa, para o período em questão;  
 $y$  = projeção da variação do Iene no período em questão.

### 2.1.9 Curva de Cupom de ANBID

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: ANBID e BM&F/Bovespa;
- Origem: a origem será obtida de acordo com o prazo:
  - ✓ Taxa ANBID, para os vértices anteriores à última taxa conhecida;
  - ✓ Taxa de swap DI x ANBID, para os vértices mais longos.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

### 2.1.10 Curva de Cupom de TJLP

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BNDES e BM&F/Bovespa;
- Origem: a origem será obtida de acordo com o prazo:
  - ✓ Taxa TJLP, até o prazo final de sua vigência;
  - ✓ Taxa de swap TJLP x Pré, para os vértices mais longos.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

### 2.1.11 Curva de Cupom de TR


Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: BACEN e BM&F/Bovespa;
- Origem: a origem será obtida de acordo com o prazo:
  - ✓ Taxa TR, até o prazo final de sua vigência;
  - ✓ Taxa de swap DI x TR, para os vértices mais longos.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 252 dias úteis;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 252 dias úteis.

### 2.1.12 Curva Libor

Essa curva deve possuir as seguintes características:

- Fonte de Dados: Market Feeder disponível;
- Origem: a origem será obtida de acordo com o prazo:
  - ✓ **Curto Prazo:** taxa over interbancária apurada pela ICE;

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 14

- ✓ **Médio Prazo:** futuros de taxas de juros em libra esterlina;
- ✓ **Longo Prazo:** taxas de swap.
- Metodologia para obtenção de Vértices: Interpolação exponencial, base 365 dias corridos;
- Metodologia para interpolação: Exponencial, base 365 dias corridos;
- Metodologia para extrapolação: Exponencial, base 365 dias corridos.

## 2.2 Metodologias

Essa seção apresenta as possíveis metodologias utilizadas para a construção das curvas de referência para os ativos de mercado.

### 2.2.1 Bootstrapping

A metodologia conhecida como bootstrapping é a metodologia mais comumente utilizada para a extração de curvas de mercado a partir dos preços de títulos que pagam cupons intermediários. No caso do mercado nacional, tal metodologia se aplica às NTN-B, NTN-C e NTN-F, por exemplo.

A metodologia consiste dos seguintes passos:

- Determinar, a partir de seus preços, a taxa de retorno do título com vencimento mais curto;
- A partir dessa taxa e do preço do título com vencimento subsequente, determinar a taxa para o próximo período, compreendido entre o vencimento do título mais curto e o vencimento do título em questão;
- Repetir o processo, recursivamente, para os demais títulos;
- A curva obtida é a curva de mercado para o cupom do indexador dos títulos em questão.

Suponhamos que, para a curva a ser calculada, existam  $k$  títulos, com vencimentos ordenados crescentemente. Além disso, suponhamos que as taxas internas de retorno (TIR) de cada um desses títulos sejam dadas por  $R_1, \dots, R_k$  e que seus preços sejam dados por  $P_1, \dots, P_k$ .

O objetivo do modelo é determinar a taxa para cada vencimento de título, incorporando as taxas dos vencimentos anteriores. As taxas a serem determinadas serão chamadas  $r_1, \dots, r_k$ . O modelo operará do seguinte modo:

- A taxa do primeiro período sofre influência apenas do título com primeiro vencimento. Dessa forma, podemos escrever:

$$r_1 = R_1$$

- A partir do segundo título, há influência do primeiro e do segundo vencimento. Para determinarmos a taxa  $r_2$ , fazemos:

$$P_2 = \sum_{i=1}^a \frac{F_i}{(1+r_1)^{t_i}} + \sum_{i=1}^b \frac{F_i}{(1+r_2)^{t_i}}$$


onde:

$a$ : número de fluxos que ocorrem até o vencimento do primeiro título;

$b$ : número de fluxos que ocorrem entre o vencimento do primeiro título e o vencimento do segundo título;

$F_i$ : valor do  $i$ -ésimo fluxo.

Resolvendo-se essa equação na variável  $r_2$ , é possível obter a taxa desejada.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 15

- Os títulos subseqüentes serão tratados da mesma forma, considerando-se sempre todas as taxas encontradas até o título com vencimento imediatamente anterior. Com isso, as taxas de vencimento para cada título são encontradas de forma recursiva;
- De posse das taxas  $r_1, \dots, r_k$ , basta fazer a interpolação exponencial entre os vencimentos para se construir a curva. Tal interpolação está descrita no tópico a seguir.

## 2.2.2 Interpolação de Taxas

O objetivo dessa metodologia é estabelecer o valor de uma taxa em uma data específica, desde que essa taxa possua valores conhecidos em datas anteriores e posteriores à data em questão. Sejam:

- $i$ : número de dias de hoje até o vértice conhecido imediatamente anterior a  $x$ ;
- $taxa_i$ : taxa de juros referente ao vértice  $i$ ;
- $j$ : número de dias de hoje até o vértice conhecido imediatamente posterior a  $x$ ;
- $taxa_j$ : taxa de juros referente ao vértice  $j$ ;
- $x$ : número de dias contados a partir de hoje, sendo que  $i \leq x \leq j$ .

A Interpolação Exponencial fica:

$$taxa_x = (1 + taxa_i) \left( \frac{1 + taxa_j}{1 + taxa_i} \right)^{\frac{x-i}{j-i}} - 1$$

Da mesma forma, a Interpolação Linear fica:

$$taxa_x = \frac{(j-x)}{(j-i)} \cdot taxa_i + \frac{(x-i)}{(j-i)} \cdot taxa_j$$

## 2.2.3 Interpolação de Superfície de Volatilidade

O objetivo dessa metodologia é estimar o valor da taxa de volatilidade de uma opção a partir de um determinado conjunto de datas de vencimento e deltas conhecidos, representando dois eixos de uma superfície de dados.

Esse método toma como base um subconjunto de dezesseis elementos (4x4) da superfície conhecida que se encontrem ao redor do valor interpolado.

Seja:


$$P_x(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

E os coeficientes  $a_{ij}$  obtidos através de:

$$P_x(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} i x^{i-1} y^j$$

$$P_x(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} x^i j y^{j-1}$$

$$P_{xy}(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} i x^{i-1} j y^{j-1}$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 16

Onde:

- i: posição no eixo horizontal do subconjunto da superfície de valores conhecidos;
- j: posição no eixo vertical do subconjunto da superfície de valores conhecidos;
- x: valor correspondente à posição i do subconjunto;
- y: valor correspondente à posição j do subconjunto.

## 2.2.4 Extrapolação

O objetivo dessa metodologia é estabelecer o valor de uma taxa em uma data específica, supondo que apenas uma taxa anterior ou uma taxa posterior sejam conhecidas. Sejam:

- i: número de dias de hoje até o vértice penúltimo vértice anterior a x;
- $taxa_i$ : taxa de juros referente ao vértice i;
- j: número de dias de hoje até o último vértice anterior a x;
- $taxa_j$ : taxa de juros referente ao vértice j;
- x: número de dias contados a partir de hoje, sendo que  $i \leq j \leq x$ .

A Extrapolação Exponencial fica:

$$taxa_x = (1 + taxa_j) \cdot \left( \frac{1 + taxa_j}{1 + taxa_i} \right)^{\frac{x-j}{j-i}} - 1$$

Da mesma forma, a Extrapolação Linear fica:

$$taxa_x = taxa_i + \left( \frac{x-j}{j-i} \right) (taxa_j - taxa_i)$$

## 3 Metodologias de Marcação a Mercado

Esse capítulo se dedicará à especificação de metodologias para a marcação a mercado de diversos produtos do mercado financeiro nacional.

### 3.1 Títulos Públicos Federais

#### 3.1.1 Letras Financeiras do Tesouro

O valor a mercado de uma LFT na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + SELIC)_{t_0}^t}{(1 + r)_t^{tF}}$$

onde:

$r$  = Cupom de SELIC.


#### 3.1.2 Letras do Tesouro Nacional

O valor a mercado de uma LTN na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{VFace}{(1 + r)_t^{tF}}$$

onde:



	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 17

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa.

### 3.1.3 Notas do Tesouro Nacional – Série B

O valor do principal corrigido até a data  $t$  é dado por:

$$PU_t = PU_0 \times (1 + IPCA)_{t_0}^t$$

com:

$$(1 + IPCA)_{t_0}^t = (1 + IPCA)_{t_0}^{t_a} \times (1 + IPCA)_{t_a}^t$$

onde:

$(1 + IPCA)_{t_0}^{t_a}$  = variação do IPCA desde a data-base até a data do último aniversário;

$(1 + IPCA)_{t_a}^t$  = pró-rata da projeção do IPCA, desde a data do último aniversário até a data em questão.

Suponhamos que haja  $n$  pagamentos de cupons até o vencimento, incluindo a última data, em que há a devolução do principal. O valor do  $i$ -ésimo pagamento (ou  $i$ -ésimo cupom), com  $1 \leq i \leq n - 1$ , é dado por:

$$C_i = PU_t \times \left[ (1 + C_0)^{1/2} - 1 \right]$$

O valor do  $n$ -ésimo pagamento é dado por:

$$C_n = PU_t \times (1 + C_0)^{1/2}$$

O valor a mercado da NTN-B, na data  $t$ , será dado por:

$$MtM_t = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + r)_t^{t_i}}$$

onde:

$r$  = expectativa do cupom de IPCA, obtida a partir da Curva de Cupom de IPCA com Caixa.

As fontes de dados utilizadas para o IPCA são:

- IPCA: IBGE;
- Projeção de IPCA: ANBIMA.

### 3.1.4 Notas do Tesouro Nacional – Série C

O valor do principal corrigido até a data  $t$  é dado por:

$$PU_t = PU_0 \times (1 + IGPM)_{t_0}^t$$

com:

$$(1 + IGPM)_{t_0}^t = (1 + IGPM)_{t_0}^{t_a} \times (1 + IGPM)_{t_a}^t$$

onde:

$(1 + IGPM)_{t_0}^{t_a}$  = variação do IGP-M desde a data-base até a data do último aniversário;

$(1 + IGPM)_{t_a}^t$  = pró-rata da projeção do IGP-M, desde a data do último aniversário até a data em questão.


Suponhamos que haja  $n$  pagamentos de cupons até o vencimento, incluindo a última data, em que há a devolução do principal. O valor do  $i$ -ésimo pagamento (ou  $i$ -ésimo cupom), com  $1 \leq i \leq n - 1$ , é dado por:

$$C_i = PU_t \times \left[ (1 + C_0)^{1/2} - 1 \right]$$

O valor do  $n$ -ésimo pagamento é dado por:

$$C_n = PU_t \times (1 + C_0)^{1/2}$$

O valor a mercado da NTN-C, na data  $t$ , será dado por:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 18

$$MtM_t = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)_t^{t_i}}$$

onde:

$r$  = expectativa do cupom de IGP-M, obtida a partir da Curva de Cupom de IGP-M com Caixa.

As fontes de dados utilizadas para o IGP-M são:

- IGP-M: FGV;
- Projeção de IGP-M: ANBIMA.

### 3.1.5 Notas do Tesouro Nacional – Série F

Suponhamos que haja  $n$  pagamentos de cupons até o vencimento, incluindo a última data, em que há a devolução do principal. O valor do  $i$ -ésimo pagamento (ou  $i$ -ésimo cupom), com  $1 \leq i \leq n-1$ , é dado por:

$$C_i = PU_0 \times \left[ (1 + C_0)^{1/2} - 1 \right]$$

O valor do  $n$ -ésimo pagamento é dado por:

$$C_n = PU_0 \times (1 + C_0)^{1/2}$$

O valor a mercado da NTN-F, na data  $t$ , será dado por:

$$MtM_t = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)_t^{t_i}}$$

onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré com Caixa.

### 3.1.6 Notas do Tesouro Nacional – Subsérie A<sub>3</sub>

O valor a mercado de uma NTN-A<sub>3</sub> na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \left[ \sum_{i=0}^T \left( \frac{1000 \times CF_i}{(1+rcc_i)_t^{t_i} \times (1+s)_t^{t_i}} \right) + \frac{1000}{(1+rcc_T)_t^T \times (1+s)_t^T} \right] \times \frac{PTAX_{d-1}}{PTAX}$$

onde:

$MtM_t$  = Valor de Mercado;

$CF_i$  = Fluxo de caixa a ser pago no prazo  $i$ ;

$T$  = Data de Vencimento do título;


$rcc_i$  = taxa de cupom cambial para o prazo “ $i$ ”;

$rcc_T$  = taxa de cupom cambial no vencimento;

$S$  = spread;

$PTAX_{d-1}$  = cotação de venda do dólar americano do dia útil imediatamente anterior a data de avaliação do título;

$PTAX$  =  $PTAX_{800}$  da data  $d$  e emissão do título;

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 19

### 3.1.7 Título da Dívida Agrária

O valor a mercado do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \sum_{i=1}^n \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_{t_0}^i \times (1 + TR)_{t_0}^i}{(1 + r)_t^i}$$

onde:

$r$  = expectativa do cupom TR, obtida a partir da Curva de Cupom de TR.

### 3.1.8 CFT - Certificado Financeiro do Tesouro

Título emitido pelo Tesouro Nacional com rentabilidade pré ou pós fixada, podendo ser atualizado pelos índices de mercado (IGP-M, Dólar, TR etc). As características de remuneração e emissão estão estabelecidas no Decreto N° 3859 de 04 de julho de 2001.

**Marcação a Mercado:** devido à baixa liquidez do título e às especificidades de emissão, a taxa utilizada para a marcação a mercado será definida pelos spreads obtidos no mercado secundário.

## 3.2 Títulos da Dívida Externa

### 3.2.1 Global Bonds

Esta categoria de títulos são emitidos pelo Governo Federal com objetivo de captação de recursos em moeda estrangeira (EUR, USD etc). Exemplos de emissões vigentes: Global 2014, Global 2020, Global 2030, Global 2040 etc.

A conversão do valor do título para moeda nacional será feita utilizando a cotação oficial divulgada pelo Banco Central do Brasil.

**Marcação a Mercado:** Adota-se como valor a mercado de tais títulos o preço de mercado fornecido pelo Market Feeder disponível.

**Procedimento Alternativo:** como alternativa ao procedimento de marcação a mercado definido anteriormente, o preço poderá ser calculado como sendo o valor presente do título, considerando como taxa livre de risco aquela obtida pela taxa paga para os títulos do governo do país emissor da moeda em que os títulos foram emitidos (Libor, Treasury). Além disso, devido ao risco de crédito do Governo Brasileiro no mercado mundial, deve-se considerar um *spread* de crédito, conforme formulação abaixo:

$$PU_t = \sum_{i=1}^T \frac{CF_i}{(1 + r + \phi)_{360}^{dc_i}} + \frac{VN}{(1 + r + \phi)_{360}^{dc_T}}$$

em que

$PU_t$  = preço a mercado do título na data  $t$ ;

$r$  = taxa de juros estrangeira para o prazo  $i$ ;


$\phi$  = taxa de spread para o prazo  $i$ ;

$CF_i$  = cupom de juros pago na data  $i$ ;

$VN$  = valor nominal do título;

$dc_i$  = dias corridos entre a data  $t$  e a data de cada fluxo  $i$ .

Este procedimento alternativo será aplicado quando não tiver cotação disponível no Market Feeder disponível. A taxa de spread é dada pela taxa média dos últimos quinze dias a contar da data de aplicação do procedimento.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 20

### 3.3 Títulos Privados

#### 3.3.1 CDB – Certificado de Depósito Bancário

Esse tópico descreve as metodologias de marcação a mercado de CDBs, de acordo com o seu indexador. Os subitens serão segmentados de acordo com o indexador do título. Os títulos que apresentem compromisso de recompra serão precificados conforme a taxa de emissão.

##### 3.3.1.1 CDB Indexado ao CDI

O valor a mercado do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + \alpha_0 CDI)_{t_0}^t \times (1 + \alpha_0 CDI)_t^{t_F}}{(1 + \alpha_t r)_t^{t_F}}$$

onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa.

No caso de a rentabilidade do título ser dada por CDI + Spread, a marcação a mercado fica:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + CDI)_{t_0}^t \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F}}{(1 + C_t)_t^{t_F}}$$

O spread de crédito,  $\alpha_t$  e  $C_t$  será obtido da seguinte forma:

- Verificação dos negócios efetuados no mercado primário, secundário e pelos fundos custodiados e controlados pelo Citi;

Em casos de (i) não haver negócios para o instrumento emitido desde a última reunião do Comitê de Valuation e (ii) na inexistência de dados públicos avaliados pelo comitê de valuation comorelevantes de mudanças na percepção da qualidade do crédito do emissor (e.g. ratings públicos, notícias de default, etc), o spread de crédito será mantido.

Em casos de (i) não haver negócios para o instrumento emitido desde a última reunião do Comitê de Valuation e (ii) na existência de dados públicos avaliados pelo comitê de valuation como relevantes de mudanças na percepção da qualidade do crédito do emissor (e.g. ratings públicos, notícias de default, etc), o spread de crédito será alterado e devidamente justificado o racional na ata do Comitê de Valuation.

Em situações de comportamento atípico de mercado, desde que devidamente justificado e formalizado na Ata do Comitê de Valuation, poderá ser utilizada a coleta de spread de crédito junto aos emissores.

##### 3.3.1.2 CDB Indexado à SELIC

O valor a mercado do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + \alpha_0 SELIC)_{t_0}^t \times (1 + \alpha_0 SELIC)_t^{t_F}}{(1 + \alpha_t r)_t^{t_F}}$$


onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$SELIC$  = expectativa do cupom de SELIC, obtida a partir da Curva de Cupom de SELIC;

No caso de a rentabilidade do título ser dada por SELIC + Spread, a marcação a mercado fica:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + SELIC)_{t_0}^t \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F}}{(1 + C_t)_t^{t_F}}$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 21

Os spreads de crédito do emissor,  $\alpha_t$  ou  $C_t$ , serão definidos conforme procedimentos adotados para o CDB indexado ao CDI.

Em situações de comportamento atípico de mercado, desde que devidamente justificado e formalizado na Ata do Comitê de Valuation, poderá ser utilizada a coleta de spread de crédito junto aos emissores.

### 3.3.1.3 CDBs indexados a Índices de Preços

O valor a mercado do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + Ind)_{t_0}^t \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F}}{(1 + C_t)_{t_0}^{t_F} \times (1 + r)_{t_0}^{t_F}}$$

onde:

$r$  = expectativa do cupom do indexador, obtida a partir de sua curva de cupom sem caixa.

O spread de crédito do emissor,  $C_t$ , serão definidos conforme procedimentos adotados para o CDB indexado ao CDI.

Em situações de comportamento atípico de mercado, desde que devidamente justificado e formalizado na Ata do Comitê de Valuation, poderá ser utilizada a coleta de spread de crédito junto aos emissores.

### 3.3.1.4 CDB Pré-Fixado

O valor a mercado do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_0^{t_F}}{(1 + r)_{t_0}^{t_F} \times (1 + C_t)_{t_0}^{t_F}}$$

onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

O spread de crédito do emissor,  $C_t$ , serão definidos conforme procedimentos adotados para o CDB indexado ao CDI.


Em situações de comportamento atípico de mercado, desde que devidamente justificado e formalizado na Ata do Comitê de Valuation, poderá ser utilizada a coleta de spread de crédito junto aos emissores.

## 3.3.2 Operações Compromissadas

Uma operação compromissada é uma operação na qual ocorre empréstimo de recursos, mediante a entrega de garantias para a parte doadora. Em geral, são acordadas previamente a taxa de remuneração do doador e a data de vencimento da operação.

### 3.3.2.1 Lastro em Títulos Públicos

As operações compromissadas lastreadas em títulos públicos serão marcadas a mercado conforme a taxa negociada. O Comitê de Valuation poderá revisar as taxas de marcação a mercado caso seja verificado a alteração das condições do mercado financeiro que impliquem aumento do risco de liquidez e de crédito.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 22

### 3.4 Derivativos

#### 3.4.1 Futuros

Esta seção apresenta o procedimento de cálculo adotado para os contratos negociados no mercado futuro de taxas de juros, taxas de câmbio, índices, títulos da dívida externa, mercado agropecuário e ouro.

**Marcação a Mercado:** Os derivativos Futuros listados na BM&F/Bovespa, e seus mini contratos, serão valorizados conforme os preços de ajustes divulgados diariamente pela BM&F/Bovespa. Este critério engloba:

- Futuros de Taxa de Juros (DI, OC1, Cupom Cambial, FRC, Treasury, etc.);
- Futuros de Moedas (Dólar Norte-Americano, Peso Mexicano, Euro, Iene, Libra Esterlina, etc.);
- Futuros de Renda Variável (Ibovespa, IbrX-50, S&P500, etc.);
- Futuros de Commodities (Boi, Ouro, Açúcar, Café, Soja, etc.);
- Futuros de Inflação (IPCA, IGPM, etc.)

**Procedimento Alternativo:** como alternativa ao procedimento de marcação a mercado definido anteriormente, o preço será definido a partir dos seguintes procedimentos:

- Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI):

$$PU_{t,v} = \frac{R\$100.000}{(1+r)_{t,v}}$$

em que  $PU_{t,v}$  é o preço estimado para o Futuro de DI com vencimento em  $v$  e  $r$  é a expectativa da taxa pré para o vencimento  $v$ , obtida a partir da curva pré sem caixa.

- Futuro de Cupom Cambial (DDI)

$$PU_{t,v} = \frac{U\$100.000}{(1+C)_{t,v}}$$

em que  $PU_{t,v}$  é o preço estimado para o Futuro de DI com vencimento em  $v$  e  $C$  é a expectativa do cupom cambial para o vencimento  $v$ , obtida a partir da curva de cupom de dólar com caixa ou através de Market Feeder disponível.

- Futuro de Taxa de Câmbio

$$DF_{t,v} = Spot_t \frac{(1+r)_{t,v}}{(1+C)_{t,v}}$$

em que  $DF_{t,v}$  é o preço estimado para o Futuro de Câmbio com vencimento em  $v$ ,  $Spot_t$  é a taxa de câmbio à vista,  $r$  é a expectativa da taxa pré para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva pré sem caixa e  $C$  é a expectativa do cupom cambial para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva de cupom cambial sem caixa.


- Futuro de Ibovespa

$$F_{t,v} = S_t \times (1+r)_{t,v}$$

em que  $F_{t,v}$  é o preço estimado para o Futuro de Ibovespa com vencimento em  $v$ ,  $S_t$  é cotação do Índice Ibovespa e  $r$  é a expectativa da taxa pré para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva pré sem caixa.

- Mercado Futuro Agropecuário (Boi Gordo, Bezerro, Café Arábica, Soja, Milho, Açúcar, Alcool e Algodão)

$$F_{t,v} = S_t \times (1+r)_{t,v}$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 23

em que  $F_{t,v}$  é o preço futuro estimado para o vencimento em  $v$ ,  $S_t$  é o preço *spot* na data  $t$  do ativo subjacente e  $r$  é a expectativa da taxa pré para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva pré sem caixa.

– Futuro de Ouro

Dada a elevada correlação do Ouro BM&F/Bovespa com o Ouro Internacional convertido em reais pela Ptax800, o ativo internacional será utilizado como referência.

– Futuro de Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)

$$F_{t,v} = NI_{igpm}^t \frac{(1+r)_{t,v}}{(1+C)_{t,v}}$$

em que  $F_{t,v}$  é o preço futuro estimado para o vencimento em  $v$ ,  $NI_{igpm}^t$  é o número índice IGP-M disponível na data  $t$ ,  $r$  é a expectativa da taxa pré para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva pré sem caixa e  $C$  é a expectativa do cupom de IGPM para o vencimento  $v$  obtida a partir da curva de cupom de IGPM sem caixa.

### 3.4.2 Swaps

Ao longo do presente tópico, apresentaremos a metodologia de apuração de cada ponta de um swap. A regra geral para o cálculo do valor a mercado desse tipo de operação é sempre a mesma, a saber:

$$MtM_t = VPA - VPP$$

Dessa forma, basta conhecermos a metodologia de apuração de cada ponta para obtermos o valor da operação de swap. Os próximos tópicos apresentam essas metodologias. Cabe ressaltar que, no caso de operações estruturadas ou de swaps que não sigam o padrão estabelecido pela BM&F/Bovespa, a metodologia a ser seguida será apresentada em capítulo distinto.

#### 3.4.2.1 Ponta CDI

O valor a mercado da Ponta CDI na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + \alpha_0 CDI)_{t_0}^t \times (1 + \alpha_0 CDI)_t^{t_F}}{(1 + \alpha_t r)_t^{t_F}}$$

onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$\alpha_t$  é o spread de crédito, definido conforme procedimento adotado neste manual.

#### 3.4.2.2 Ponta Dólar

O valor a mercado da Ponta Dólar na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F} \times (Dólar)_{t_0}^t}{(1 + r)_t^{t_F}}$$

onde:

*Dólar* = Variação Cambial entre o início da operação e a data de avaliação, de compra ou venda (conforme especificação do swap), disponível no BACEN;

$r$  = expectativa do cupom de Dólar, obtida a partir da Curva de Cupom de Dólar sem Caixa.

#### 3.4.2.3 Ponta Pré

O valor a mercado da Ponta Pré na data em questão é dado por:



$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F}}{(1 + r)_t^{t_F}}$$

onde:

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa.

#### 3.4.2.4 Ponta IGP-M

O valor a mercado da Ponta IGP-M na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F} \times (1 + IGPM)_{t_0}^t}{(1 + r)_t^{t_F}}$$

onde:

$(1 + IGPM)_{t_0}^t$  = IGP-M acumulado até a data em questão, sem a utilização de projeções.

$r$  = expectativa do cupom de IGP-M, obtida a partir da Curva de Cupom de IGP-M sem Caixa.

#### 3.4.2.5 Ponta IPCA

O valor a mercado da Ponta IPCA na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F} \times (1 + IPCA)_{t_0}^t}{(1 + r)_t^{t_F}}$$

onde:

$(1 + IPCA)_{t_0}^t$  = IPCA acumulado até a data em questão, sem a utilização de projeções;

$r$  = expectativa do cupom de IPCA, obtida a partir da Curva de Cupom de IPCA sem Caixa.

#### 3.4.2.6 Ponta Moeda (Reais por Moeda Estrangeira)

O valor a mercado da Ponta de Moeda Estrangeira na data em questão é dado por:

$$MtM_t^{R\$} = \frac{PU_0^{R\$} \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F} \times (S_t / S_{t_0})}{(1 + C_t)_t^{t_F}}$$

onde:

$PU_0^{R\$}$  = valor do principal da operação, em Reais;

$C_0$  = taxa cupom da operação (capitalização linear na base 360);

$S_{t_0}$  = valor da Moeda Estrangeira por Reais na data inicial da operação;

$S_t$  = valor da Moeda Estrangeira por Reais na data  $t$ ;

$(1 + C_t)_t^{t_F}$  = fator de desconto em  $t$ , dado por


$$(1 + C_t)_t^{t_F} = (1 + CupDólar)_t^{t_F} \cdot (SF_{t_F} / SF_t)$$

onde  $SF_t$  é o valor da Moeda Estrangeira por Reais na data  $t$ ,  $SF_{t_F}$  é o valor projetado da Moeda

Estrangeira por Dólar Norte-Americano para a data  $t_F$  e  $(1 + CupDólar)_t^{t_F}$  é o fator de desconto do cupom cambial sem caixa.

- A projeção da Moeda Estrangeira, variável  $S_{t_F}$ , pode ser obtida através do Market Feeder disponível.



	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 25

### 3.4.2.7 Ponta Dólar com limitador e pagamento de ajuste intermediário

Nesse caso, a ponta dólar apresenta um cupom pré-fixado estabelecido no contrato, além de um preço limite para a Ptax na ocasião do pagamento dos ajustes. O apreçamento será dividido em duas partes.

#### **Parcela Pré-Fixada**

O MtM de cada cupom semestral pré-fixado será calculado da seguinte forma:

$$PP_i = \frac{PU_0 \cdot \left(\frac{T}{2}\right)}{(1+s)_t^{t_i}}$$

onde:

$T$  : taxa pré-fixada ao ano, em base 360, definida pelo contrato;

$s$  : projeção de Cupom de Dólar, obtida a partir da Curva de Cupom de Dólar sem Caixa;

$t_i$  : data do  $i$ -ésimo pagamento.

Na data do último pagamento de cupom, também será amortizado o valor do principal da operação e será dado por:

$$PP_F = \frac{PU_0 \cdot \left(\frac{T}{2} + 1\right)}{(1+c)_t^{t_F}}$$

Se  $n$  é o número de cupons restantes até o vencimento da operação, o valor total da parte pré-fixada em dólares é dado por:

$$PP_t = \sum_{i=1}^n PP_i + PP_F$$

#### **Venda de Put**

Os limitadores definidos pelo contrato podem ser apreçados através da venda de uma série de puts com strike e vencimentos ajustados de acordo com os limitadores, operação conhecida como *cap*. O valor do *cap* é dado pela somatória do valor de cada uma das puts que o compõem.

Para cada uma das puts que compõem o *cap*, o preço é dado pela metodologia proposta por Reiner e Rubinstein (1991) para a precificação de opções digitais (ou binárias):

$$p_i = e^{-s \cdot \Delta t} \cdot N(d)$$

onde:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(s - r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \Delta t}{\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}}$$

$\Delta t$  : prazo para o vencimento da opção, em anos;

$r$  : expectativa da Taxa de Juros, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$s$  : projeção de Cupom de Dólar, obtida a partir da Curva de Cupom de Dólar sem Caixa;

$K$  : valor de strike da put;

$\sigma$  : volatilidade implícita da operação;


$N(d)$  : normal padrão.

Assim, o MtM do *cap* na data  $t$  será dado por:

$$cap_t = \sum_{i=1}^n (PP_i \cdot p_i)$$

Consequentemente, o valor da ponta dólar é dado por:

$$MtM_t^{DÓLAR} = PP_t - cap_t.$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 26

### 3.4.2.8 Ponta Libor

O valor a mercado da Ponta Libor na data em questão, considerando-se que o notional da operação é corrigido pela variação cambial de dólares norte-americanos ( $PU_0$ ), é dado por:

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + Libor_0)_{t_0}^t \times (1 + Libor_0)_t^{t_L} \times (1 + Libor)_{t_L}^{t_F} \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F}}{(1 + r)_t^{t_F}}$$

onde:

$t_L$  = última data em que a Libor é conhecida;

$(1 + Libor_0)_{t_0}^t$  = variação da Libor observada na data da operação, entre as datas  $t_0$  e  $t$ ;

$(1 + Libor_0)_t^{t_L}$  = variação da Libor observada na data da operação, entre as datas  $t$  e  $t_L$ ;

$(1 + Libor)_{t_L}^{t_F}$  = variação projetada da Libor, entre as datas  $t_L$  e  $t_F$ ;

$r$  = curva libor, obtida através do Market Feeder disponível.

Cabe observar que tanto a Libor como o cupom da operação são acumulados por dias corridos, com base de 360 dias.

Os dados necessários podem ser obtidos junto às seguintes fontes:

### 3.4.2.9 Ponta Fed Funds

O valor a mercado de títulos indexados à taxa de juros do Federal Reserve norte americano na data em questão, considerando que o notional da operação é corrigido pela taxa efetiva diária de fed funds, é dado por:

$$MtM_t = \frac{N \times [EFF_{t_0}^{t_i} \times (1 + OIS)_{t_i}^{t_F} \times (1 + C_0)_{t_0}^{t_F} - 1] + A}{(1 + r_t)_{t_i}^{t_F}}$$

Onde:

$$EFF_{t_0}^{t_i} = \prod_{t_0}^{t_i} \left( 1 + EFF_i \times \frac{1}{360} \right)$$

Onde:

EFF = taxa efetiva diária do Federal Fund. Obtida através da série histórica de rendimentos anuais. Pode ser encontrada no Federal Reserve Statistical Release H.15 ou no Market Feeder disponível;

OIS = curva de juros dos Fed Funds Overnight Index Swaps na data base, interpolada linearmente. Pode ser obtida através do Market Feeder disponível;

$r$  = Cupom de Dólar para a data de vencimento. Pode ser obtido através do Market Feeder disponível;

C = spread pré-fixado do título (se houver);


A = valor a ser amortizado no fluxo;

d = número de dias corridos em que os juros foram acumulados no fluxo vigente.

Cabe observar que todas as taxas da operação são acumuladas por dias corridos, com base de 360 dias.

### 3.4.2.10 Ponta Futuro de Índice ou Commodity

O valor a mercado de uma ponta atrelada ao futuro de um índice ou de uma commodity é dado pelo valor presente,

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 27

calculado em reais, do contrato futuro na data em que se deseja fazer a marcação a mercado do swap.

#### 3.4.2.11 Ponta NCE

O valor a mercado de uma ponta atrelada ao valor de uma NCE (Nota de Crédito de Exportação) deve ser valorizada de acordo com o valor a mercado do título em questão.

#### 3.4.2.12 Swap com Fluxo de Caixa

A metodologia de cálculo do valor a mercado de um swap com fluxo de caixa deve respeitar as metodologias definidas para cada ponta individualmente. Os fluxos de caixa devem ser tratados individualmente, da mesma forma como se tratam as operações já descritas.

O valor a mercado de uma ponta de swap com fluxo de caixa é dado pelo somatório dos valores a mercado de cada um dos fluxos individuais.

#### 3.4.2.13 Ponta com Duplo Indexador

Existem dois casos possíveis para a ponta de duplo indexador de um swap: a ponta rende o mínimo entre dois indexadores pré-determinados, ou o máximo entre eles. A seguir, será descrita a metodologia a ser utilizada em ambos os casos, sempre supondo-se que os indexadores da operação são o CDI e o Dólar.

##### **Valor Mínimo:**

O valor a mercado dessa ponta do *swap* na data  $t$  é dado por:

$$MtM_t = PU_0 \times (1 + (\alpha_0 - 1)CDI)_t^{tF} \times (1 + \alpha_0 CDI)_{t_0}^t - \frac{PU_0}{S_0} \times (1 + C_0)_{t_0}^{tF} \times ValorPut$$

onde:

$S_0$  = valor da taxa de câmbio na data inicial da operação;

*ValorPut* = preço de uma opção de venda de dólar, com *strike* dado por:

$$X = \frac{S_0 \times (1 + \alpha_0 CDI)_t^{tF} \times (1 + \alpha_0 CDI)_{t_0}^t}{(1 + C_0)_{t_0}^{tF}}$$

O valor dessa opção deve ser calculado de acordo com procedimento próprio para esse ativo.

##### **Valor Máximo:**

O valor a mercado dessa ponta do *swap* na data  $t$  é dado pelo valor da ponta CDI, calculada normalmente conforme já especificado, acrescida do valor de uma opção de compra sobre dólar. Essa opção tem preço de exercício dado por:

$$Strike = \frac{PU_0^{R\$} \times (1 + CDI)_t^{tF}}{PU_0^{US\$} \times (1 + C_0)_t^{tF}}$$

onde:

$PU_0^{R\$}$  = valor do principal da operação, em Reais;

$PU_0^{US\$}$  = valor do principal da operação, em Dólares norte-americanos.

#### 3.4.2.14 Ponta Treasury


O valor a mercado da Ponta Treasury (*TRE*) na data  $t$  em questão é dado por:

$$MtM_t^{R\$} = \frac{PU_0^{R\$} \times \left(1 + TRE_{t_0}^t + TRE_t^{tF} + \alpha_{t_0}^{tF}\right) \times \left(S_t / S_{t_0}\right)}{(1 + r_t)_t^{tF}}$$

onde:

$PU_0^{R\$}$  = valor do principal da operação, em Reais;

$S_{t_0}$  = valor da taxa de câmbio na data inicial da operação;

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 28

$S_t$  = valor da taxa de câmbio na data  $t$  ;

$TRE_{t_0}^t$  = variação da Treasury observada, entre as datas  $t_0$  e  $t$  ;

$TRE_t^{tF}$  = variação projetada da Treasury, entre as datas  $t$  e  $t_F$  ;

$\alpha_{t_0}^{tF}$  = variação do *spread*, entre as datas  $t_0$  e  $t_F$  ;

$r_t$  = expectativa do cupom de Dólar, obtida a partir da Curva de Cupom de Dólar sem Caixa, entre as datas  $t$  e  $t_F$  .

Cabe observar que tanto a Treasury como o *spread* da operação são acumulados pelo regime de capitalização simples (linear), com base de 360 dias.

#### 3.4.2.15 Pontas de swap que sintetizam uma opção

Para o caso de pontas de swaps que sintetizam operações de opção de compra ou de venda, o valor a mercado será calculado usando os mesmos procedimentos apresentados no tópico “Opções” deste manual.

#### 3.4.2.16 Swap Cambial com Ajuste Periódico

Para fins de marcação a mercado serão utilizados os valores contidos no arquivo disponibilizado pela BM&F/Bovespa, contendo informações sobre as taxas de mercado, expressas ao ano e no período, por vencimento em aberto no contrato de swap cambial.

Desta forma, o arquivo pode ser obtido no seguinte endereço eletrônico:

[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/historico/mercado-de-derivativos/pesquisa-por-pregao/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/historico/mercado-de-derivativos/pesquisa-por-pregao/)

### 3.4.3 Opções

Ao longo desse tópico, serão descritos os procedimentos para os cálculos dos prêmios de opções. A organização desse tópico se baseia no modelo utilizado para o cálculo do prêmio. É importante ressaltar que os modelos a seguir se adequam às opções européias.

#### 3.4.3.1 Definições Comuns

A seguir, exibiremos as definições comuns às fórmulas utilizadas para o cálculo do prêmio das opções e que serão utilizadas nesse tópico:

$C$  = preço de uma call;

$P$  = preço de uma put;

$\sigma$  = volatilidade implícita da opção;

$t$  = prazo para vencimento, em anos;

$N(\cdot)$  = distribuição normal padrão, de média 0 e variância igual a 1;

$S$  = preço *spot* (à vista) do ativo objeto;

$F$  = preço futuro do ativo objeto;

$X$  = preço de exercício da opção;

$H$  = valor da barreira da opção, quando aplicável;

$r$  = taxa de juros, em forma contínua, projetada a partir da Curva Pré sem Caixa, para o vencimento da opção. Essa taxa é dada por:


$$r = \ln(1 + R)$$

onde  $R$  é a taxa de juros projetada a partir da Curva Pré sem Caixa para o vencimento da opção.

$r_e$  = taxa de juros externa, em forma contínua, projetada a partir da curva de cupom sem caixa do ativo-objeto da opção, ou custo de carregamento do ativo-base. Essa taxa é dada por:

$$r_e = \ln(1 + R_e)$$

onde  $R_e$  é a taxa de juros externa projetada a partir da curva de cupom sem caixa do ativo-objeto da opção para o vencimento da opção.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 29

### 3.4.3.2 Modelo de Black & Scholes

**Utilização:** Ações, Ibovespa

O prêmio de uma opção, segundo o modelo de Black & Scholes, é dado por:

$$c = S \times N(d_1) - X \times e^{-rt} \times N(d_2) \qquad p = X \times e^{-rt} \times N(-d_2) - S \times N(-d_1)$$

com:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

É importante ressaltar que, para o caso de opções de ações, deve-se adotar o seguinte procedimento para a obtenção de seu prêmio:

- No caso de a BM&F/Bovespa divulgar o prêmio de fechamento para essas opções, deve-se utilizar este valor divulgado pela BM&F/Bovespa;
- Caso contrário, o prêmio será obtido a partir do modelo descrito.

### 3.4.3.3 Modelo de Garman-Kohlhagen

**Utilização:** Moedas

O prêmio de uma opção, segundo o modelo de Garman, é dado por:

$$c = e^{-rt} \times S \times N(d_1) - e^{-rt} \times X \times N(d_2) \qquad p = e^{-rt} \times X \times N(-d_2) - e^{-rt} \times S \times N(-d_1)$$

com:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - r_e + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

### 3.4.3.4 Modelo de Black

**Utilização:** Ibovespa

O prêmio de uma opção, segundo o modelo de Black, é dado por:

$$c = [F \times N(d_1) - X \times N(d_2)] \times e^{-rt} \qquad p = [X \times N(-d_2) - F \times N(-d_1)] \times e^{-rt}$$

com:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{X}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

### 3.5.3.5 Preços de Referência

Para as seguintes opções utilizam-se os Prêmio de Referência divulgados pela BM&F/Bovespa:

- sobre futuro de taxa de câmbio de Reais por Dólar Comercial;
- sobre futuro de índices, exceto para os de Ibovespa;
- sobre futuro de Commodities.

Estes valores podem ser encontrado no sitio: [www.bmfbovespa.com.br](http://www.bmfbovespa.com.br), seção “Preços Referenciais”, função “Preços Referenciais BM&F/Bovespa – Prêmios de Opções”.

A BM&F/Bovespa utiliza o modelo de Black para a determinação dos Prêmios de Referência da Opção.

No caso de opções de Ibovespa será utilizada a superfície de volatilidade divulgada diariamente pela BM&F/Bovespa, encontradas no endereço: [http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/precos-referenciais/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/precos-referenciais/). A metodologia das superfícies de volatilidade divulgadas pela BM&F/Bovespa se encontram no caminho: [http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/metodologia/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/metodologia/)

### 3.4.3.5 Opções com Barreira

Nessa seção, descreveremos as opções com barreiras. As fórmulas para esses tipos de opções podem ser generalizadas, alterando-se apenas em função do tipo da barreira da opção. Dessa forma, inicialmente apresentaremos as definições comuns às fórmulas, para depois especificar as variáveis em função do tipo de barreira especificado. Sejam:


$$\begin{aligned}
A &= \phi \cdot S \cdot e^{(r_e - r)t} \cdot N(\phi x_1) - \phi \cdot X \cdot e^{-rt} \cdot N(\phi x_1 - \phi \sigma \sqrt{t}) \\
B &= \phi \cdot S \cdot e^{(r_e - r)t} \cdot N(\phi x_2) - \phi \cdot X \cdot e^{-rt} \cdot N(\phi x_2 - \phi \sigma \sqrt{t}) \\
C &= \phi \cdot S \cdot e^{(r_e - r)t} \cdot (H/S)^{2(\mu+1)} \cdot N(\eta y_1) - \phi \cdot X \cdot e^{-rt} \cdot (H/S)^{2\mu} \cdot N(\eta y_1 - \eta \sigma \sqrt{t}) \\
D &= \phi \cdot S \cdot e^{(r_e - r)t} \cdot (H/S)^{2(\mu+1)} \cdot N(\eta y_2) - \phi \cdot X \cdot e^{-rt} \cdot (H/S)^{2\mu} \cdot N(\eta y_2 - \eta \sigma \sqrt{t}) \\
E &= K \cdot e^{-rt} [N(\eta x_2 - \eta \sigma \sqrt{t}) - (H/S)^{2\mu} N(\eta y_2 - \eta \sigma \sqrt{t})] \\
F &= K [(H/S)^{\mu+\lambda} N(\eta z) + (H/S)^{\mu-\lambda} N(\eta z - 2\eta \lambda \sigma \sqrt{t})]
\end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned}
x_1 &= \frac{\ln(S/X)}{\sigma \sqrt{t}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{t} & x_2 &= \frac{\ln(S/H)}{\sigma \sqrt{t}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{t} \\
y_1 &= \frac{\ln(H^2/SX)}{\sigma \sqrt{t}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{t} & y_2 &= \frac{\ln(H/S)}{\sigma \sqrt{t}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{t} \\
z &= \frac{\ln(H/S)}{\sigma \sqrt{t}} + \lambda \sigma \sqrt{t} & \mu &= \frac{r_e - (\sigma^2/2)}{\sigma^2} \\
\lambda &= \sqrt{\mu^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}
\end{aligned}$$

O apreçamento das opções deve ser feito como se segue, de acordo com o tipo da opção:

	Tipo	Caso $S > H$	Caso $S \leq H$
<b>Opções “In”</b>	Down-and-in call	$c = C + E$ $\eta = 1, \phi = 1$	$c = A - B + D + E$ $\eta = 1, \phi = 1$
	Up-and-in call	$c = A + E$ $\eta = -1, \phi = 1$	$c = B - C + D + E$ $\eta = -1, \phi = 1$
	Down-and-in put	$p = B - C + D + E$ $\eta = 1, \phi = -1$	$p = A + E$ $\eta = 1, \phi = -1$
	Up-and-in put	$p = A - B + D + E$ $\eta = -1, \phi = -1$	$p = C + E$ $\eta = -1, \phi = -1$
<b>Opções “Out”</b>	Down-and-out call	$c = A - C + F$	$c = B - D + F$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets</b>
		<b>Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 31

	$\eta = 1, \phi = 1$	$\eta = 1, \phi = 1$
	$c = F$	$c = A - B + C - D + F$
<i>Up-and-out call</i>	$\eta = -1, \phi = 1$	$\eta = -1, \phi = 1$
	$p = A - B + C - D + F$	$p = F$
<i>Down-and-out put</i>	$\eta = 1, \phi = -1$	$\eta = 1, \phi = -1$
	$p = B - D + F$	$p = A - C + F$
<i>Up-and-out put</i>	$\eta = -1, \phi = -1$	$\eta = -1, \phi = -1$

**Nota:** O modelo apresentado acima poderá ser desmembrado, e/ou ajustado (sem alterar as premissas) para refletir as condições do mercado, as características dos produtos, do fundo de investimento e da possibilidade de apuração de volatilidades.

#### 3.4.3.6 Opção de Global

Para as opções de Global, o prêmio deve ser obtido diretamente através de Market Feeder disponível, a partir das 19:00 horas (dezenove horas), para que as negociações do mercado não interfiram no preço coletado.

#### 3.4.3.7 Opção com Ajuste Diário

Tais opções são negociadas na BM&F/Bovespa e tem como característica principal o não pagamento integral do prêmio, pois, até o vencimento, haverá fluxo de caixa entre o lançador e o titular, da mesma forma que ocorrem nos ajustes diários no mercado futuro.

Desta forma, a marcação a mercado deste derivativo será o valor do prêmio da opção, chamado de "Prêmio de Ajuste da Opção", divulgada pela BM&F/Bovespa para fins de apuração do Ajuste Diário.

#### 3.4.3.8 Operações de Volatilidade

Essa subseção descreverá o procedimento a ser adotado para o apreçamento de operações de volatilidade autorizadas pela BM&F/Bovespa, que em geral utilizam contratos de opção e contratos futuros em sua estruturação. As operações atualmente negociadas na BM&F/Bovespa são:

Código	Operação	Opção	Contrato Futuro
VTF	Volatilidade de Taxa Forward de Juros	DI	Futuro de DI
VID	Volatilidade de Taxa Spot de Juros	IDI	Futuro de DI
VOI	Volatilidade de Ibovespa	Futuro de Ibovespa	Futuro de Ibovespa
VTC	Volatilidade de Taxa de Câmbio	Futuro de Câmbio	Futuro de Câmbio
VCA	Volatilidade de Taxa de Câmbio com Ajuste	Futuro de Câmbio com Ajuste	Futuro de Câmbio com Ajuste

A operação deve ser apreçada de forma individual para cada um dos componentes de sua estrutura, sendo o valor a mercado final dado pelo somatório dos valores, respeitando-se a posição assumida pelo cliente em cada um dos instrumentos financeiros.

Por exemplo, consideremos o contrato VTC. A opção sobre futuro de câmbio deve ser apreçada conforme fórmula exibida na seção 4.12.4. O contrato futuro deve ser avaliado pelo preço de ajuste divulgado pela BM&F/Bovespa.


#### 3.4.3.9 Opções Digitais

Essas opções têm as seguintes características de pay-off:

- *Call*: paga 0, se o valor é menor que o strike, e  $K$ , caso contrário;
- *Put*: paga  $K$ , se o valor é menor que o strike, e 0, caso contrário.

O valor a mercado é dado por:

$$c = Ke^{-rt}N(d)$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 32

$$p = Ke^{-rt} N(-d)$$

onde:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(-\frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

#### 3.4.3.10 Opções Asiáticas

Esse tipo de opção não possui uma fórmula fechada para seu apuração. Para estimar o prêmio, utilizaremos a aproximação descrita no trabalho de Turnbull e Wakeman, publicado em 1991. Essa aproximação sugere os seguintes prêmios:

$$c = S \times e^{(b-r)T_2} N(d_1) - X \times e^{-rT_2} \times N(d_2) \quad c = X \times e^{-rT_2} \times N(-d_2) - S \times e^{(b-r)T_2} N(-d_1)$$

com:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(b + \frac{\sigma_M^2}{2}\right) \times T_2}{\sigma_M \times \sqrt{T_2}} \quad d_2 = d_1 - \sigma_M \times \sqrt{T_2}$$

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{\ln(M_2)}{T} - 2b} \quad b = \frac{\ln(M_1)}{T}$$

$$M_1 = \frac{e^{r_e T} - e^{r_e \tau}}{r_e (T - \tau)} \quad M_2 = \frac{2e^{(2r_e + \sigma^2)T}}{(r_e + \sigma^2)(2r_e + \sigma^2)(T - \tau)^2} + \frac{2e^{(2r_e + \sigma^2)\tau}}{r_e (T - \tau)^2} \left[ \frac{1}{2r_e + \sigma^2} - \frac{e^{r_e(T-\tau)}}{r_e + \sigma^2} \right]$$

onde:

$T_2$  = tempo, em anos, desde a data atual até o vencimento da opção;

$T$  = tempo, em anos, desde a data de início até o vencimento da opção;

$\tau$  = tempo, em anos, desde a data atual até a data inicial do período para o qual se calcula a média do ativo-base da opção;

$r_e$  = taxa de juros externa, em forma contínua, projetada a partir da curva de cupom sem caixa do ativo-objeto da opção.

Se a opção já está dentro do período em que se calcula a média, o preço de strike ( $X$ ) deve ser substituído por:

$$X_2 = \frac{T}{T_2} X - \frac{T - T_2}{T_2} S_M$$

onde:

$S_M$  = preço médio do ativo durante o período em que se calcula a média do mesmo.


#### 3.4.3.11 Opção sobre Cesta de Ações

Neste caso, o ativo objeto da opção é um conjunto composto por participações de ações de companhias abertas negociadas no mercado à vista de bolsa de valores ou entidade do mercado de balcão organizado. Dessa forma, o preço *spot* (à vista - fechamento) da Cesta de Ações corresponde à média ponderada dos retornos de cada ação aplicada sobre o preço da cesta no período/dia anterior:

$$S_t = S_{t-1} (1 + w_1 r_1 + w_2 r_2 + w_3 r_3 + \dots + w_n r_n)$$

onde:



	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 33

$S_t$  = preço *spot* (à vista) da Cesta de Ações;

$S_{t-1}$  = preço da Cesta de Ações no período/dia anterior;

$w_i$  = peso da ação  $i$  na Cesta de Ações;

$r_i$  = retorno da ação  $i$  no período/dia.

Além do preço *spot*, existe a necessidade de se determinar a volatilidade da Cesta de Ações, para então ser utilizada como *input* nas fórmulas citadas no item anterior. Basicamente a volatilidade é calculada através do desvio padrão da carteira, considerando a correlação entre as ações e o desvio padrão de cada ação individualmente:

$$\sigma_{\pi} = \sqrt{X_{1 \times n} P_{n \times n} X_{n \times 1}^T}$$

com:

$$X_{1 \times n} = [w_1 \sigma_1 \quad w_2 \sigma_2 \quad \dots \quad w_n \sigma_n]$$

onde:

$\sigma_{\pi}$  = desvio padrão da Cesta de Ações;

$w_i$  = peso da ação  $i$  na Cesta de Ações;

$\sigma_i$  = desvio padrão da ação  $i$ , calculada através da série de retornos diários de 1 ano dos preços de fechamento;

$X_{1 \times n}$  = matriz com o desvio padrão de cada ação ponderada pelo seu peso (participação) na carteira (dimensão: 1 linha por  $n$  colunas);

$X_{n \times 1}^T$  = matriz transposta de  $X_{1 \times n}$  (dimensão:  $n$  linhas por 1 coluna);

$P_{n \times n}$  = matriz de correlação entre as ações que compõe a cesta (dimensão  $n$  linhas por  $n$  colunas).

O desvio padrão de cada ação é obtido através da série diária de retornos aritméticos  $\left( \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right)$ , onde

$P_t$  representa o preço de fechamento da ação no dia  $t$  e  $P_{t-1}$  representa o preço de fechamento da ação no dia  $t - 1$ .

O desvio padrão é calculado através da seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - r_m)^2}{n - 1}}$$


onde:

$r_i$  = retorno aritmético do preço da ação no dia;

$r_m$  = média dos retornos aritméticos diários do preço da ação;

$n$  = quantidade de retornos diários.

O desvio padrão obtido deve então ser multiplicado por  $\sqrt{252}$  para a obtenção da volatilidade ao ano.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 34

### 3.4.3.12 Opção de Ativos de Agronegócio

Para as opções cujo ativo subjacente for um dos seguintes produtos do agronegócio: i) açúcar cristal, ii) etanol, iii) Boi Gordo, iv) Café Arábica, v) milho e vi) soja utilizam-se os Prêmio de Referência divulgados pela BM&F/Bovespa. Eles são encontrados no site: [http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/precos-referenciais/precos-referenciais-bm-f-premios-de-opcoes/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/precos-referenciais/precos-referenciais-bm-f-premios-de-opcoes/). A BM&F/Bovespa utiliza o modelo de Black para a determinação dos Prêmios de Referência da Opção .

### 3.4.3.13 Renda Variável

A volatilidade implícita de uma opção é a volatilidade obtida a partir de algum prêmio de negociação. Como as fórmulas para o apreamento desses derivativos não são inversíveis na variável volatilidade, em geral utilizam-se métodos numéricos para a obtenção do valor da volatilidade.

Como padrão, utiliza-se o Microsoft Excel. Para a obtenção do valor, devem-se fixar todas as variáveis presentes na fórmula de apreamento, com exceção da volatilidade, e variar esta volatilidade até que o prêmio produzido seja igual ao prêmio negociado.

Em função das diferentes características das opções aqui apresentadas, descreveremos brevemente os processos de obtenção da volatilidade implícita para as diversas opções.

- Opção de Ação:
  - ✓ Os valores da volatilidade implícita são obtidos a partir do prêmio da opção e do preço da ação ativo-objeto em um mesmo instante;
  - ✓ A fonte para a obtenção desses dados é através do Market Feeder disponível.
- Opção de futuro de DI:
  - ✓ Utiliza-se o Prêmio de Referência divulgados pela BM&F/Bovespa.
- Opção sobre Ibovespa:
- Utiliza-se a volatilidade implícita divulgada pela BM&F/Bovespa. Opção de Moeda (Procedimento Alternativo): Prioritariamente, utiliza-se a volatilidade implícita do negócio.

Existem alguns casos particulares, que serão tratados à parte da forma como segue:

#### **Caso 1:** Opções sem Liquidez

Para as opções sem liquidez e difícil consenso sobre o nível da volatilidade poderá ser utilizada a volatilidade implícita do negócio, que deve ser obtida da forma já descrita nesse documento.

#### **Caso 2:** Volatilidade implícita não disponível

No caso de a volatilidade implícita de uma opção não estar disponível, mas haver volatilidades para outras opções sobre o mesmo ativo-base, utiliza-se a interpolação ou extrapolação de valores. Novamente, esse caso deve ser subdividido em dois novos subcasos:


##### **Caso 2 – item A:** Interpolação linear simples

No caso de haver pelo menos outras 2 opções com mesmo ativo-base e mesmo vencimento da opção em questão, devem-se calcular as volatilidades dessas opções e usá-las para a interpolação (ou extrapolação) linear utilizada para estimar a volatilidade da opção em questão.

A metodologia a ser seguida é a mesma metodologia utilizada para a interpolação (ou extrapolação) linear de juros, observando-se que, no lugar do tempo, utiliza-se o strike da opção. Da mesma forma, no lugar das taxas, utiliza-se a volatilidade implícita das opções.

##### **Caso 2 – item B:** Interpolação linear em dois eixos

No caso em que não é possível encontrar ao menos 2 opções com mesmo vencimento da opção em questão, devem-se utilizar opções com outros vencimentos na interpolação. Nesse caso, a idéia é manter a interpolação linear, mas de forma a contemplar o plano determinado por 3 opções. Seguem-se os seguintes passos:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 35

- Escolhem-se as opções com vencimento e com strike mais próximos da opção em questão;
- Determina-se o plano determinado por essas opções, observando as variáveis de interesse: tempo para vencimento, volatilidade implícita e strike;
- A partir da equação determinada para o plano, estima-se a volatilidade da opção em questão.

### 3.4.4 Forward de Moedas

O valor a mercado de um forward de moedas, considerando moeda Tipo A aquela associada à posição ativa e moeda Tipo B aquela associada à posição passiva, pode ser escrito da forma

$$MtM_t^{R\$} = \frac{PU_0^b \left[ \frac{S_{t-1}^a}{S_{t-1}^b} - \frac{S_{t_{0-1}}^a}{S_{t_{0-1}}^b} \right] Spot}{(1+r)_t^{tf}}$$

onde:

$PU_0^b$  = valor do principal da operação (Nocional), em B;

$S_{t-1}^a$  = valor da paridade projetada da moeda Tipo A contra USD na data anterior a data de avaliação, posição ativa;

$S_{t-1}^b$  = valor da paridade projetada da moeda Tipo B contra USD na data anterior a data de avaliação, posição passiva;

$S_{t_{0-1}}^a$  = valor da paridade contratada da moeda Tipo A contra USD na data anterior a data de início da operação, posição ativa;

$S_{t_{0-1}}^b$  = valor da paridade contratada da moeda Tipo B contra USD na data anterior a data de início da operação, posição passiva;

$Spot$  = valor da paridade BRL contra moeda Tipo A na data de avaliação


#### Fontes de Informação:

1.  $Ptax_{t-1}$  → Site do Banco Central do Brasil;
2.  $S_t$  → Site do Banco Central do Brasil;

Para Forwards de moedas que envolveram o Real Brasileiro e quando houver cotações dos mesmos disponíveis em provedores de preços (Market Feeder disponível), a expressão a ser utilizada será a seguinte:

$$MtM_t^{R\$} = \frac{PU_0^{R\$} \left[ \frac{K_{t_{0-1}} - K_{t-1}}{K_{t_{0-1}}} \right]}{(1+r)_t^{tf}}$$

$K_{t-1}$  = Valor da Paridade contra o Real Brasileiro na data anterior ao cálculo.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 36

$K_{t_{0-1}}$  = Valor da Paridade contra o Real Brasileiro na data anterior à cotação inicial

### 3.4.5 NDF – Non Deliverable Forward

Esse tópico descreve a marcação a mercado da operação conhecida como NDF. O valor a mercado do derivativo na data em questão é dado por:

Considerando uma operação de NDF Moeda 1 (Cotada) x Moeda 2 (Referência):

$$MtM_t^{moeda1} = Notional_{moeda2} \times \left( \varepsilon \frac{FWD_{moeda1} - K_{moeda1}}{moeda2} \frac{1}{(1+r)_t^{t_F}} \right)$$

onde:

$\varepsilon$  = sinal da operação (“+” para compra, “-” para venda);

$FWD$  = valor da paridade projetada da moeda 1 contra a moeda 2 na data de avaliação;

$K_{t_F}$  = taxa de câmbio contratada para a data final da operação;

$r$  = expectativa da taxa livre de risco do país referente a moeda 1;

O valor a mercado das NDFs também poderá ser precificado através da paridade entre moedas, conforme metodologia abaixo:

Considerando uma operação de NDF Moeda 1 (Cotada) x Moeda 2 (Referência) sendo precificada na Moeda 3 (Conversão), temos:

$$MtM_{moeda3} = \varepsilon \frac{Notional_{moeda2} \times \left( FWD_{moeda1} - Strike_{moeda1} \right) \times FWD_{moeda3}}{(1+r_{moeda3})_t^{t_F}}$$


#### 3.4.5.1 NDF Asiática

A NDF Asiática é equivalente a uma NDF em que o ajuste no vencimento depende da média de preços da taxa de câmbio subjacente em um determinado período. Ao contrário da versão padrão da NDF em que o ajuste é determinado, entre outros fatores, pela taxa de câmbio no vencimento.

Admitindo que o contrato encontra-se em seu período de apuração de preços para composição da média, tanto as taxas de câmbio conhecidas ( $C_x$ , para  $t_0 \leq x \leq t$ ) quanto as taxas de câmbio projetadas ( $F_y$ , para  $t \leq y \leq t_F$ ) afetam o preço desta operação.

O valor a mercado deste derivativo é calculado da seguinte forma:

$$MtM_t = \varepsilon \frac{C_{t_F}}{(1+r)_t^{t_F}} - \varepsilon \frac{1}{N} \left[ \sum_{x=t_0}^t C_x + \sum_{y=t+1}^{t_F} F_y \right] \frac{1}{(1+r)_t^{t_F}}$$

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 37

onde:

$\mathcal{E}$  = sinal da operação (“+” para compra, “-“ para venda);

$C_x$  = taxa de câmbio na data  $x$ , de acordo com a especificação do contrato ou obtida na mesma fonte descrita nos contratos de swap;

$C_{t_f}$  = taxa de câmbio contratada para a data final da operação;

$F_y = \frac{C_t \cdot (1+r)_t^y}{(1+s)_t^y}$  = taxa de câmbio projetada para a data e pelas curvas de mercado;

$N$  = número de dias de negociação da taxa de câmbio no intervalo de apuração de preços para a média (entre  $t_0$  e  $t_F$ ).

$r$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$s$  = expectativa do cupom da moeda negociada, obtida a partir da curva de cupom sem caixa.

### 3.5 Outras Operações

Esse tópico será dedicado a apresentar a metodologia utilizada para algumas operações estruturadas, que possuem características muito específicas e/ou não podem ser totalmente apreçadas a partir das metodologias descritas até então. Destacamos que dependendo da complexidade da operação estruturada, poderão ser utilizadas as calculadoras disponibilizadas através do Market Feeder disponível após a avaliação pelo Comitê de Valuation da consistência dos valores e a viabilidade operacional.

#### 3.5.1 Operação Estruturada Pré-Fixada

Essa operação consiste das seguintes estruturas:

- Há dois agentes: um comprador e um vendedor. O comprador possui uma dívida com o vendedor;
- Um investidor quita a dívida com o vendedor, e passa a ser credor do comprador;
- A fim de mitigar o seu risco de crédito, o investidor faz um seguro da dívida, que garante o recebimento de todos os débitos que o comprador não consiga quitar.

Vamos supor que haja  $n$  fluxos mensais de amortizações e de pagamentos de juros, nas datas  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Seja  $r$  a taxa de juros mensal da operação.

O valor na curva da operação na data  $t$ , com  $t_{i-1} \leq t \leq t_i$ , é dado por:

$$V_t = V_{i-1} \times (1+r)_{t_{i-1}}^t$$

onde:

$V_t$  = valor da operação na data  $t$ ;


$V_{i-1}$  = saldo devedor da operação, calculado na data  $t_{i-1}$ , a partir do desconto dos pagamentos realizados até essa data.

#### 3.5.2 Swap Libor x Fixed Rate atrelada à Libor

Apresenta-se, aqui, a metodologia utilizada para o apreçamento de um swap Libor x Fixed Rate, com cláusulas que determinam a taxa fixa em função do nível da taxa Libor. O apreçamento do contrato será feito em dólares. Para a conversão em reais, deve-se utilizar o PTAX de venda.

##### 3.5.2.1 Ponta Libor

Para fazer o apreçamento dessa ponta, suporemos que não há pagamentos de fluxos intermediários. O MtM da ponta Libor, na data em questão, é dado pela seguinte expressão:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 38

$$MtM_t = \frac{PU_0 \times (1 + Libor_0)_{t_0}^t \times (1 + Libor_0)_t^{t_L} \times (1 + Libor)_{t_L}^{t_F}}{(1 + Treasury)_t^{t_F}}$$

onde:

$t_L$  = última data em que a Libor é conhecida;

$(1 + Libor_0)_{t_0}^t$  = variação da Libor observada na data da operação, entre as datas  $t_0$  e  $t$ ;

$(1 + Libor_0)_t^{t_L}$  = variação da Libor observada na data da operação, entre as datas  $t$  e  $t_L$ ;

$(1 + Libor)_{t_L}^{t_F}$  = variação projetada da Libor, entre as datas  $t_L$  e  $t_F$ ;

$(1 + Treasury)_t^{t_F}$  = variação projetada da Treasury, entre as datas  $t$  e  $t_F$ .

Cabe observar que a LIBOR é acumulada por dias corridos, com base de 360 dias. A Treasury também é acumulada por dias corridos, mas com base de 365 dias.

### 3.5.2.2 Ponta Pré-Fixada

O valor da taxa pré-fixada é definido de acordo com a regra a seguir. Sejam:

$Libor$  = taxa Libor observada na data de apuração;

$L$  = taxa limite, definida no contrato;

$C$  = taxa de juros fixa da ponta indexada a Dólar;

$T$  = taxa de juros fixa da ponta indexada a Dólar, estabelecida no contrato;

A regra para a apuração da taxa é dada por:

- Se  $Libor \geq L$ , então  $C = T$ ;
- Se  $Libor < L$ , então  $C = T + (L - Libor)$ .

Dessa forma, pode-se entender que essa ponta da operação é a composição de uma operação pré-fixada com a compra de uma série de *puts* de Libor, com *strike* à taxa  $L$ . O apreamento dessa operação será feito em duas etapas.

#### **Parcela Pré-Fixada**

O MtM da parcela pré-fixada será calculado da seguinte forma:

$$PP_t = \frac{V_0 \times (1 + T)_{t_0}^{t_F}}{(1 + Treasury)_t^{t_F}}$$

onde:


$(1 + Treasury)_t^{t_F}$  = variação projetada da Treasury, entre as datas  $t$  e  $t_F$ .

#### **Compra de Put**

A compra de uma série de *puts* é conhecida como *floor*. O valor do *floor* é dado pela somatória do valor de cada uma das *puts* que o compõem. O valor dessas *puts* poderá ser obtido através do modelo de Black, modificado para captar as diferentes datas de início dessas *puts*. Para cada uma das *puts* que compõem o *floor*, o preço é dado por:

$$P_t = \frac{V \times \frac{d}{360}}{\left(1 + F_t \times \frac{d}{360}\right)} \frac{[K \times N(-d_2) - F_t \times N(-d_1)]}{e^{rtc}}$$

onde:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 39

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \times tc}{\sigma \times \sqrt{tc}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{tc}$$

$V$  = valor não-amortizado em cada parcela dos fluxos do swap;

$d$  = prazo do forward rate;

$tc$  = prazo, em anos, para o vencimento da opção (base 365 dias corridos);

$R$  = projeção da Treasury, em % ao ano, para a data de vencimento da opção;

$r = \ln(1 + R)$ ;

$F_t$  = taxa Libor forward, isto é, taxa projetada para a data de início da opção, até seu vencimento;

$K$  = valor de strike da put, dado por  $L$ ;

$\sigma$  = volatilidade implícita da operação, em base 365.

Finalmente, o valor dessa ponta do *swap* é dado por:

$$V_t = PP_t + P_t$$

### 3.5.2.3 Dados

Os dados necessários para Libor, Libor projetada, curva Treasury e volatilidade de Libor podem ser obtidos através do Market Feeder disponível.

Em função da proximidade dos dados obtidos com os eventos que se desejam apreçar, é dispensável a interpolação das volatilidades obtidas. A volatilidade utilizada será aquela que se refere ao vértice mais próximo da data de vencimento do fluxo.

### 3.5.3 Operação de Derivativo – USD/BRL TARN

A operação equivale a um fluxo futuro composto de operações de compra de Non Deliverable Forward (NDF), cuja extinção será automaticamente efetivada quando a soma dos valores liquidados (negativos) atingir um limite preestabelecido (limitador de ganho). Seja o valor a mercado das operações em aberto na data  $t$ , com vencimento  $v$ , dado por

$$MtM_t^a = VN \sum_{v=1}^n \left( \varepsilon \frac{S_{t-1}}{(1 + C_t)_t^v} - \varepsilon \frac{F_v}{(1 + r_t)_t^v} \right),$$

onde

$VN$  = notional da moeda de referência;

$\varepsilon$  = sinal da operação (“+” para compra, “-” para venda);

$S_{t-1}$  = taxa de câmbio (Ptax800) na data  $t-1$ ;

$F_v$  = taxa de câmbio contratada para o vencimento  $v$  (taxa da operação em aberto);

$r_t$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$C_t$  = expectativa do cupom de dólar (sujo), obtida a partir da curva de cupom sem caixa;

$n$  = número de operações em aberto.


Sejam

$VL_t$  o valor liquidado em cada instante  $t$ ;

$VL_0^t$  a soma dos valores liquidados desde o início da operação até a data  $t$ , tal que  $VL_t < 0$ ;

$LG$  o limitador de ganho preestabelecido.

Considerando  $VL_0^t > -LG$  (caso contrário a operação estaria extinguida), o valor de liquidação da operação na data

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 40

$t$ ,  $VLM_t$ , será dado por

$$VLM_t = \begin{cases} MtM_t^a & \text{se } (MtM_t^a + VL_0^t) \geq -LG \\ -LG - VL_0^t & \text{caso contrário} \end{cases}$$

**Fontes de Informação:**

1.  $S_{t-1}$  → Site do Banco Central;
2.  $r_t$  → Mercado de DI Futuro ou Swap DIxPRE (BM&F/Bovespa)
3.  $C_t$  → Mercado de Futuro de Cupom Cambial (DDI) ou Swap DIxDOLAR (BM&F/Bovespa)

**3.5.4 Empréstimo indexado à LIBOR**

Esse tópico apresenta a metodologia de apuração de um contrato de empréstimo indexado à taxa Libor, cuja moeda-base é o Dólar norte-americano (US\$). Adota-se a hipótese de que a quitação do empréstimo sempre ocorre pelo seu valor de curva, independentemente do momento em que ocorrer.

O valor do empréstimo na data  $t$  é dado por:

$$V_t = V_{0,t} \times (1 + L + C_0)^t + Emp$$

onde:

$V_{0,t}$  = valor inicial da operação, já com os descontos das amortizações até a data  $t$ ;

$(1 + L + C_0)^t$  = variação da Libor ( $L$ ) composta com a taxa de juros da operação ( $C_0$ ), observada entre as datas  $t_0$  e  $t$ , calculada de forma linear, com base em dias corridos;

$Emp$  = taxa do empréstimo, dada por:

$$Emp = 0,5\% \times V_{0,t}$$

O valor da taxa Libor pode ser obtido através do Market Feeder disponível.

Moedas de Privatização - CVS O presente tópico apresenta a metodologia adotada para o apuração das seguintes moedas de privatização: CVSA970101, CVSB970101, CVSC970101 e CVSD970101. Para a realização da marcação a mercado, algumas características devem ser consideradas:

- Taxa de Juros: 0,50% ao mês (séries A e C) ou 3,12% ao ano (séries B e D). Os juros até a data de 01/01/2005 (exclusive) são incorporados ao principal;
- Atualização Monetária: mensalmente, na data de aniversário, com base na variação da TR (Taxa Referencial) do mês anterior, divulgada pelo Banco Central;
- Amortizações: mensais, a partir de 01/01/2009 até a data de vencimento, à taxa fixa de 0,4608%.

**Incorporação de Juros**

Para fazer a incorporação dos juros ao principal, a seguinte metodologia deve ser adotada:

$$PU_t = PU_0 \times (1 + C_0)^t$$

onde :

$PU_t$  = valor atualizado pela incorporação dos juros até a data  $t$ ;


**Marcação a mercado**

Suponhamos que restem  $n$  pagamentos de juros e  $m$  amortizações até o vencimento do papel. O valor do título na data em questão é dado por:

$$MtM_t = \sum_{i=1}^n \frac{PU_{t,i} \times (1 + TR)_{t_0}^i \times (1 + C_0)_{t_0}^i}{(1 + r)_t^i} + \sum_{j=1}^m \frac{A_j \times (1 + TR)_{t_0}^j}{(1 + r)_t^j}$$

onde:



	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 41

$(1 + TR)_{t_0}^t$  = TR acumulada até a data em questão;

$r$  = expectativa do cupom de TR, obtida a partir da Curva de Cupom de TR;

$PU_{t,i}$  = valor nominal com a incorporação de juros não-amortizado até o  $i$ -ésimo pagamento de juros.

### 3.5.5 Box

Em princípio, um Box é uma operação estruturada que utiliza opções, visando a obter um resultado pré-fixado já no início da operação. Neste caso, o valor a mercado é dado por

$$MtM_t = \frac{VF}{(1 + \alpha_t r_t)^{t_F}}$$

onde:

$VF$  = valor de resgate da operação;

$r_t$  = expectativa da taxa pré-fixada na data em questão, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$\alpha_t$  = taxa de spread.

A taxa de spread,  $\alpha_t$ , será definida a partir da análise de uma amostra de taxas observadas e coletadas no mercado.

Em casos de comportamento atípico do mercado, fica a critério do Citi estabelecer procedimento alternativo para definir o fator de spread, de modo que os preços reflitam as condições do mercado, considerando os princípios estabelecidos na metodologia de marcação a mercado. Na impossibilidade de determinar o spread de crédito na data em questão, adota-se o mesmo spread da data de aquisição do papel.

### 3.5.6 “Termo de Renda Fixa”

A operação de “termo de renda fixa” é uma operação de compra ou venda de títulos público ou privado (ativo-objeto), a um preço fixado ( $PU_0$ ), para liquidação em prazo determinado. O valor de mercado de uma operação de termo é dado por

$$MtM_t = \varepsilon \times q \times \left( PU_t - \frac{PU_0}{(1 + r_t)^{t_F}} \right),$$

onde:

$PU_0$  = valor a termo contratado em  $t_0$  com vencimento em  $t_F$ ;

$PU_t$  = valor a mercado do ativo-objeto na data de avaliação  $t$ ;


$r_t$  = expectativa da taxa pré, obtida a partir da Curva Pré sem Caixa;

$q$  = quantidade negociada do ativo-objeto;

$\varepsilon$  = sinal da operação (“+” para compra, “-” para venda).

### 3.5.7 Ativos Estrangeiros

Os ativos estrangeiros serão calculados conforme condições de negociação no país de origem (curva de juros em moeda estrangeira, apropriação linear, liquidação em D+2, feriados locais, preço sujo vs preço limpo, etc) sendo que a coleta de preços para marcação a mercado será efetuado primeiramente via Market Feeder disponível a partir das 17hs (ADRs, Eurobonds, Derivativos, etc).. A conversão para Reais (R\$) utilizará as cotações de fechamento disponibilizadas pelo Banco Central do Brasil.

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 42

### 3.5.8 Certificado de Operações Estruturadas (COE)

O COE é um instrumento que permite instituições financeiras emitirem notas estruturadas cuja remuneração equivale à aplicação de um caixa combinado com um ou mais instrumentos derivativos. Seu registro é feito na CETIP e os diversos instrumentos derivativos possíveis de serem utilizados estão descritos neste manual na parte de Derivativos.

### 3.5.9 Operações Estruturada – Autocall

Autocall (chamada automática) é um produto estruturado, via derivativos, que especifica condições de liquidação em datas pré-definidas (data de verificação). Caso a condição seja atendida na primeira data de verificação a operação estruturada, geralmente, tem a liquidação antecipada executada e os envolvidos cumprem com as obrigações previamente acordadas. Caso não seja atendida, a operação automaticamente se transforma na segunda estratégia definida na data de negociação (data de início do contrato).

A marcação a mercado poderá ser efetuada utilizando-se uma composição de derivativos que replique o pay-off da estratégia. Podendo ser utilizado as calculadoras financeiras das plataformas disponíveis ou simulações de probabilidades via planilha excel.

#### 3.6.11.1 Precificação por Simulação

A precificação de fundos de Autocall poderá ser realizada mediante a avaliação diária do ativo objeto da estrutura, projetado na data de seu vencimento por meio de simulações aleatórias. Desta forma, é possível avaliar o pay-off final da estratégia. O valor de mercado será dado pela média aritmética dos resultados simulados. Operacionalmente, o processo consiste:

i) Apuração dos 10 mil valores aleatórios do ativo objeto da estratégia de Autocall, obtidos pela expressão:

$$P_{i,j} = P_{i,0} * EXP\left[\left(r - 0,5 * \sigma^2 * T\right) + \left(\sqrt{T} * \sigma * \phi(Random)\right)\right]$$

$P_{i,j}$  = preço simulado j para a ação i.

$P_{i,0}$  = preço no marco zero para a ação i.

$r$  = taxa pré, obtida pela curva de juros pré sem caixa.

$\sigma$  = volatilidade histórica do preço da cesta de ações.

$\phi$  = função de distribuição de probabilidade Normal inversa.

*Random* = componente aleatório, variando em 0 e 1.

$T$  = Horizonte de tempo da simulação, medido em anos.

ii) Apuração do pay-off da estratégia, dadas as condições de remuneração no vencimento, para cada valor simulado


iii) Apuração da média destes valores. O valor de mercado da estratégia será dado pelo valor presente desta média.

#### 3.6.11.2 Precificação de derivativos exóticos

Para estratégias compostas por derivativos de balcão, como por exemplo, aquelas em fundos de capital protegido e autocall, caso for julgado necessário, os preços negociados e/ ou cotados com as contrapartes fornecedoras das mesmas poderão ser utilizados como parâmetros de calibração dos modelos de precificação empregados. No limite, poderão também ser adotados em detrimento de tais modelos.

Além disso, os seguintes meios podem ser considerados também como forma de balisamento pela área de precificação:

- i) Plataformas eletrônicas de informações de mercado, como Market Feeder disponível.
- ii) Brokers e Corretoras.
- iii) Price vendors (ativos internacionais).

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 43

- iv) Consultorias de investimentos e em modelagem financeira.
- v) Artigos acadêmicos.

Em caso de mudanças e adoção estrita de qualquer uma destes meios, o evento deverá ser registrado em ata do comitê de valuation.

### 3.6 Fundos de Investimento

Os FICs de FI somente aplicam nos FIs próprios, sendo assim, a divulgação das cotas dependem exclusivamente do fechamento do dia dos respectivos.

#### 3.6.1 Fundos de Investimentos no Exterior

Para a marcação a mercado de fundos de investimentos ou carteiras no exterior em que a cota é divulgada em dólar, usualmente será utilizado o Dólar de Referência da BM&F/Bovespa para a conversão em reais. A taxa de câmbio referencial pode ser obtida a partir do seguinte link:

[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/indicadores/indicadores-financeiros/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/indicadores/indicadores-financeiros/)

### 3.7 Outros Procedimentos e Metodologias

Ao longo desse tópico, abordaremos alguns procedimentos e metodologias que não são utilizados diretamente para a marcação a mercado, mas que fazem parte dos processos de apreçamento adotados pelo Citi.

#### 4.1 Procedimento para datas sem divulgação de dados

Caso haja alguma data em que os dados utilizados (taxas, preços etc) não estejam disponíveis (por exemplo, nos dias que antecipam a virada de ano), o procedimento a ser utilizado é o seguinte:

- As taxas projetadas devem ser mantidas iguais, isto é, será utilizada a hipótese de que elas não se alteraram;
- Caso se utilize o PU de DI para apuração de taxa prefixada, deve-se recalculá-lo de forma a manter-se a mesma expectativa para a taxa dada por esse preço, ou seja,
$$PU_t = PU_{t-1} (1 + CDI_{t-1})^{1/252};$$
- Caso se utilize o PU de DDI para apuração de taxa cupom cambial, deve-se recalculá-lo de forma a manter-se a mesma expectativa para a taxa dada por esse preço, ou seja,
$$PU_t = PU_{t-1} (1 + CDI_{t-1})^{1/252} Ptax_{t-2} / Ptax_{t-1};$$
- Nessa data, cotas de abertura e de fechamento devem coincidir.


#### 4.2 Valorização na Curva

Esse tópico apresenta as metodologias utilizadas pelo Citi para a valorização dos papéis de acordo com a curva dos mesmos.

##### **Cálculo pela TIR**

Uma alternativa para calcular o valor na curva de um ativo é aplicar, como valor de correção, a Taxa Interna de Retorno (TIR) do papel, obtida a partir do preço observado na data de aquisição.

A taxa interna de retorno do papel pode ser obtida da seguinte forma:

	<b>MARK-TO-MARKET - DESCRIÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIAS</b>	<b>Markets Operations</b>
		Cód Manual 002
		Página 44

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)_{t_C}^{t_i}}$$

onde:

$P$  = preço de aquisição do papel;

$F_i$  = valor do  $i$ -ésimo fluxo do papel;

$r$  = TIR do papel;

$t_C$  = data de compra do papel.

O valor de  $r$  pode ser obtido a partir de algum método de convergência, como a função *Solver* do *software* Microsoft Excel®.

A partir dessa taxa de retorno, o valor na curva do papel, em uma data  $t$  qualquer, é dado por:

$$P_t = P \times (1 + Ind)_{t_C}^t \times (1+r)_{t_C}^t$$

### **Cálculo Linear**

Essa metodologia é utilizada pelo sistema *Drive* do Citi, e promove a apropriação linear do deságio obtido na data da compra do papel. O cálculo será descrito a seguir. Suponhamos que a aquisição do papel ocorra na data  $t_C$ . Sejam:

$VNA_t$  = valor nominal atualizado do papel na data  $t$ ;

$P$  = preço de aquisição do papel;

$D_t$  = deságio do papel na data  $t$ , dado por:

$$D_t = P - VNA_t$$

O deságio do papel na data  $t+1$ , e em qualquer data posterior à data considerada ( $t+j$ ), é dado por:

$$D_{t+j} = \left( \frac{D_t}{VNA_t} \cdot VNA_{t+j} \right) \cdot \frac{\Delta(t+j, t_F)}{\Delta(t, t_F)}$$

onde:

$\Delta(t, t_F)$  = número de dias úteis entre a data  $t$  e a data  $t_F$ .

A partir do deságio, pode-se obter o preço em uma data  $t+j$  qualquer. Esse valor é dado por:

$$V_{t+j} = VNA_{t+j} + D_{t+j}$$

### **4.3 Taxa SELIC – Procedimento para Atualização**

- A taxa SELIC utilizada para o dia corrente será a taxa divulgada pelo BACEN, disponível no link: <http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/home>.