



09 de setembro 2005  
100/2005-DG

## OFÍCIO CIRCULAR

Revogado Pelo Ofício Circular nº 069-2023-PRE, de 27 de abril de 2023

Membros de Compensação, Corretoras Associadas e Operadores Especiais

**Ref.: Sistema de Risco BM&F – Margem de Garantia dos Contratos de Opções Padronizadas sobre Disponível e Futuro.**

Prezados Senhores,

Em continuidade ao processo de aprimoramento dos sistemas de administração de risco e visando proporcionar maior eficiência ao processo de determinação das margens de garantias dos contratos de opções padronizadas sobre disponível e futuro, a BM&F implementará nova versão do Subsistema de Margem para Ativos Líquidos (SRL). Dentre as vantagens desses procedimentos, destacam-se mais acuidade na apuração da margem de posições em opções padronizadas sobre disponível e futuro, existência de simulador de margem integrado com os contratos futuros e eliminação da necessidade de especificação de travas.

A nova metodologia emprega o conceito de *full valuation*, segundo o qual o valor de uma carteira de opções é avaliado em diversos cenários de estresse conjuntos de preço e volatilidade do ativo-objeto, taxa de juro livre de risco e taxa de carregamento, quando aplicável.

Dessa forma, são considerados todos os fatores de risco que determinam o valor de mercado de uma carteira de opções, permitindo capturar de maneira adequada os riscos inerentes às diversas estratégias que podem ser construídas com esses contratos. Tal característica possibilita o reconhecimento automático das operações de trava envolvendo opções de mesmo ativo-objeto com mesma data de vencimento, sendo o valor da margem de garantia estabelecido com base nas piores perdas esperadas para cada vencimento.

**Bolsa de Mercadorias & Futuros**

Praça Antonio Prado, 48 - Telefone: 3119-2000 - CEP 01010-901 - São Paulo - SP  
Caixa Postal, 4275 - São Paulo - Capital - CEP 01061-970

Em virtude da eliminação da necessidade de especificação de travas, informamos que, a partir da data de implantação da nova versão do SRL, será descontinuado o sistema de travas especificadas.

A metodologia para determinação da margem de garantia dos contratos de opções padronizadas no SRL está detalhada no anexo deste Ofício.

A intenção da BM&F é introduzir as mencionadas melhorias em 23/09/2005. Contudo, estas dependem de autorização prévia do Banco Central do Brasil, na forma do regulamento anexo à Circular BACEN 3.057, de 31/08/2001. Assim que obtivermos tal aprovação, informaremos ao mercado a data efetiva de implantação.

Esclarecimentos adicionais poderão ser obtidos com as Diretorias Técnica e de Planejamento (Marco Aurélio, Luis Antonio e Alan) e da Câmara de Derivativos (Cícero, António Marcos e Daniel Granja) e com o Escritório Rio (Galvão).

Atenciosamente,



Edemir Pinto  
Diretor Geral



# **SISTEMA DE RISCO BM&F (SRB)**

**Subsistema de Margem  
para Ativos Líquidos**

**Opções Padronizadas sobre  
Disponível e sobre Futuro**

Setembro 2005

## 1. Introdução

Neste documento, apresenta-se a nova metodologia para a determinação do valor da margem de garantia, dentro do Sistema de Risco para Ativos Líquidos (SRL), das opções padronizadas sobre disponível e futuro. Essa metodologia baseia-se no conceito de *full valuation*, em que as posições em opções são avaliadas em cenários conjuntos dos fatores de risco determinantes do preço dessas opções. A principal vantagem associada ao emprego dessa metodologia reside em sua capacidade de capturar, de forma precisa, a característica de não-linearidade das opções, apresentando desempenho superior às metodologias que empregam aproximações do tipo delta-gama-vega. Adicionalmente, essa metodologia prescinde do procedimento de “especificação de travas”, posto que posições opostas são reconhecidas automaticamente.

Este documento está dividido da seguinte maneira: na seção 2, são apresentadas as considerações iniciais e as principais premissas que orientaram o desenvolvimento do modelo de *full valuation* para a determinação dos valores de margem de garantia das opções padronizadas sobre disponível e futuro. Em seguida, mostra-se o funcionamento da metodologia de *full valuation*. Na seção 4, detalham-se outros aspectos acessórios, como o tratamento dos *spreads* de compra e venda e o cálculo da margem mínima. A seção 5 traz as conclusões.

Integram este documento quatro anexos. No primeiro, oferecem-se exemplos numéricos dos principais conceitos elucidados neste documento; no segundo, constam os modelos de apuração utilizados pela metodologia de *full valuation* descrita na seção 3; no terceiro, demonstram-se os procedimentos empregados na interpolação e conversão de preços e taxas; e, no quarto, explicitam-se os modelos e seus respectivos parâmetros para cada opção padronizada sobre disponível e futuro negociada na BM&F.

## 2. Aspectos Conceituais

Conforme discutido no documento “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Conceituais”<sup>1</sup>, o Sistema de Risco para Ativos Líquidos (SRL) emprega o conceito de avaliação do risco de uma carteira de derivativos sob um conjunto de cenários de estresse para a determinação de seu valor de margem de garantia. De fato, o volume de garantias depositadas por um participante junto à Clearing de Derivativos BM&F deve ser tal que possibilite, na hipótese de seu inadimplemento, o encerramento de suas posições mesmo sob condições de mercado adversas. No caso específico de posições em opções, por condições adversas de mercado entende-se:

- a) a ocorrência de cenários de mercado pouco favoráveis associados aos fatores de risco que determinam o preço das opções que compõem a carteira de opções padronizadas;
- b) a existência de expressivos *spreads* de compra e venda;

<sup>1</sup> BM&F, abril de 2001. Para mais detalhes, recomenda-se a leitura dos documentos “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos” e “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Anexos”.

- c) as ineficiências no processo de liquidação da carteira de opções associadas, especialmente, à reversão de posições opostas em condições de mercado não-coincidentes.

No SRL, o montante de recursos necessários à liquidação de uma carteira de contratos futuros e de opções sob as condições de mercado vigentes é denominado custo de liquidação da carteira (CLC). O CLC de uma carteira é positivo sempre que sua liquidação, sob as condições vigentes de mercado, implicar dispêndio de recursos. CLC negativo, por sua vez, significa recebimento de recursos na hipótese da liquidação da carteira sob as condições correntes de mercado. Assim, posições vendidas em opções possuem CLC positivo, posições compradas em opções têm CLC negativo e posições em futuros mantêm CLC igual a zero em função do mecanismo de ajuste diário. O efeito da ocorrência de cenários pouco favoráveis para a carteira é, no SRL, determinado a partir da aplicação de um conjunto de cenários de estresse sobre os diferentes fatores de risco associados aos contratos futuros e opções que compõem a carteira. Os resultados obtidos permitem estimar o risco de mercado da carteira, que pode ser interpretado como a variação de seu CLC dado o pior cenário de estresse conjunto associado a seus fatores de risco.

O modelo de *full valuation* para opções padronizadas foi desenvolvido com base em um conjunto de premissas relacionadas, principalmente, aos tipos de fatores de risco do mercado de opções padronizadas. As principais premissas são:

- (i) não-linearidade da carteira de opções: uma das principais características dos contratos de opções é seu comportamento não-linear, especialmente no que diz respeito às variações no preço de seu ativo-objeto. Muito embora seja possível aproximar, via expansão de Taylor, as variações nos preços dos contratos de opções por intermédio das derivadas associadas a cada um de seus fatores de risco (usualmente denominadas “gregas” das opções), esse procedimento mostra-se pouco adequado quando empregado em conjunto com o conceito de teste de estresse. De fato, esse tipo aproximação apresenta resultados satisfatórios apenas para pequenas variações nos fatores de risco das opções, não sendo, portanto, adequada na presença de cenários de estresse. Assim, no modelo de *full valuation* para opções padronizadas, o valor da carteira de opções em cada cenário de estresse é determinado com base em modelo de apreçamento de opções adequado (Black-Scholes, Black, Garman-Kohlhagen).
- (ii) avaliação de todos os fatores de risco associados às carteiras de opções: a importância da avaliação de todos os fatores de risco associados às carteiras de opções advém, essencialmente, do elevado número de estratégias que podem ser construídas a partir desses contratos, cada qual com perfil de risco próprio. Assim, existem estratégias que são especialmente sensíveis a movimentos na superfície de volatilidade implícita das opções, ao passo que outras são absolutamente indiferentes a esses movimentos e ao nível do ativo-objeto da opção, sendo, contudo, particularmente sensíveis a variações na taxa de juro. O modelo de *full valuation* para opções padronizadas abrange todos os fatores de risco referentes a esse tipo de derivativo, isto é, preço do ativo subjacente, volatilidade implícita da opção, taxa de juro livre de risco e custo de carregamento (dividendos, taxa de juro externa), quando aplicável.

- (iii) existência de ineficiências no processo de reversão de posições: o modelo de *full valuation* para opções padronizadas considera a existência de eventuais *spreads* de compra e venda para posições de mesmo vencimento tratando, portanto, o problema da ineficiência no processo de reversão de posições de mesmo vencimento.

Vale ressaltar que, apesar de possuírem fatores de risco comuns, a compensação de riscos entre contratos futuros e de opções não pode ser implementada de forma trivial sem que a Clearing de Derivativos incorra em risco de descasamento de fluxos de caixa. Esse risco existe porque os ganhos e as perdas com a marcação a mercado são, no mercado futuro, traduzidos em fluxos de caixa diários, ao passo que no caso das opções o valor de mercado da posição aumenta ou diminui, não existindo geração de fluxos de caixa. É fácil perceber que, na hipótese de inadimplemento, o valor de um ajuste devedor relativo ao mercado futuro não poderia ser imediatamente coberto por eventual ganho em uma posição oposta em opções.

Com efeito, somente depois de configurado o inadimplemento a Clearing de Derivativos poderia liquidar a posição em opções a mercado ou exercê-las, no caso de opções do tipo americano. Nesse caso, o ganho com a liquidação ou o exercício das opções somente geraria recursos no dia útil seguinte tendo, portanto, a Clearing que financiar o pagamento do ajuste devedor relativo ao mercado futuro durante esse período. Adicionalmente, é importante observar que, ainda nesse exemplo, as condições de mercado que geraram o ajuste devedor relativo ao mercado futuro ( $D-1$  do inadimplemento) podem não ser as mesmas da liquidação ou do exercício das opções ( $D+0$  do inadimplemento), ou seja, deve-se considerar também a hipótese de cenários em “zigzague”.

Por essas razões, a metodologia aqui colocada não contempla a compensação entre riscos de posições em contratos futuros e opções. Desenvolvimentos posteriores poderão, mesmo que parcialmente, incorporar essa característica.

### **3. Determinação do Risco de Uma Carteira de Opções: O Modelo de *Full Valuation* para Opções Padronizadas sobre Disponível e Futuro**

Nesta seção, é apresentado o modelo de *full valuation* para a determinação do risco de uma carteira de opções padronizadas no SRL. Define-se, inicialmente, um cenário de estresse contíguo como a combinação  $[S(i), r(j), rc(m), \sigma(n)]$ , onde  $S(i)$  representa o preço do ativo-objeto da opção no seu  $i$ -ésimo cenário de estresse;  $r(j)$  a taxa de juro livre de risco em seu  $j$ -ésimo cenário de estresse;  $rc(m)$  o custo de carregamento em seu  $m$ -ésimo cenário de estresse; e  $\sigma(n)$  a volatilidade implícita da opção em seu  $n$ -ésimo cenário de estresse.

De maneira geral, pode-se definir o processo de determinação do risco de uma carteira de opções utilizando o modelo de *full valuation* de acordo com seqüência procedimentos relacionada abaixo.



1. Cada tipo<sup>2</sup> de opção tem seu risco determinado em uma subcarteira específica, de modo que não existe compensação de riscos entre diferentes tipos de opções e entre opções e futuros;
2. Cada opção é avaliada considerando-se todos os cenários de estresse definidos pela BM&F para os seus fatores de risco, isto é, preço do ativo subjacente, volatilidade implícita, taxa de juro livre de risco e custo de carregamento. Com essa finalidade são construídos tantos cenários contíguos para esses fatores de risco, isto é,  $[S(i), r(j), rc(m), \sigma(n)]$ , quantos necessários para se cobrir todas as possíveis combinações entre os cenários associados a cada fator de risco;
3. Para a determinação do pior cenário de estresse contíguo para dado conjunto de opções de mesmos tipo e mesma data de vencimentos, são consolidados todos os resultados associados a um mesmo cenário contíguo. Dessa maneira, permite-se a compensação de riscos entre posições em opções de mesmos tipo e data de vencimento;
4. O valor de margem de garantia associado a cada tipo de opção é dado pelo somatório dos custos de liquidação (CLC) no pior cenário de estresse não negativos por data de vencimento;
5. O valor de margem de garantia associado à carteira de opções é dado pela soma dos valores de margem de garantia das subcarteiras, determinados no item 4.

Os procedimentos de 2 a 5 são detalhados nas seções a seguir, nas quais serão oferecidos exemplos numéricos para melhor entendimento dos conceitos apresentados.

### 3.1 Avaliação das Opções nos Cenários de Estresse Contíguos

O preço de uma opção genérica  $w$ , considerando-se um conjunto de cenários de estresse para seus fatores de risco, é dado conforme a seguir:

$$P(i; j; m; n)_w = f(S(i); K; r(j); rc(m); t; \sigma(n)) \times TC \times M \quad (3.1)$$

onde:

$P(i; j; m; n)_w$	=	preço unitário da opção considerando-se, de forma conjunta, o $i$ -ésimo cenário de estresse do ativo-objeto da opção, o $j$ -ésimo cenário de estresse da taxa de juro livre de risco, o $m$ -ésimo cenário de estresse do custo de carregamento e o $n$ -ésimo cenário de estresse da volatilidade implícita da opção;
$f(.)$	=	função preço da opção, determinada com base em um modelo teórico de apuração de opções. Esses modelos são detalhados no Anexo 2 deste documento;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$T$	=	prazo para o vencimento da opção, em anos;
$TC$	=	taxa de câmbio, quando aplicável;
$M$	=	tamanho do contrato.

<sup>2</sup> Ao longo deste documento, a expressão “tipo de opção” será empregada para designar o conjunto de contratos de opções de compra e de venda (*calls e puts*) de mesmas características, especialmente no que diz respeito ao seu ativo-objeto e a sua forma de exercício (européias ou americanas).

Considerando-se o cenário zero o cenário de mercado para cada um dos fatores de risco avaliados, pode-se determinar o financeiro, o CLC e a variação no preço unitário de uma opção genérica  $w$  no cenário contíguo  $[S(i); r(j); rc(m); \sigma(n)]$  de acordo com as fórmulas:

$$\begin{aligned}
 Fin(i; j; m; n)_{w,1} &= f(S(i); K; r(j); rc(m); t; \sigma(n)) \times TC \times M \\
 CLC(i; j; m; n)_{w,1} &= -f(S(i); K; r(j); rc(m); t; \sigma(n)) \times TC \times M \\
 CLC_{w,1} &= CLC(0; 0; 0; 0)_{w,1} \\
 \Delta(i; j; m; n)_{w,1} &= f(S(i); K; r(j); rc(m); t; \sigma(n)) \times TC \times M \\
 &\quad - f(S(0); K; r(0); rc(0); t; \sigma(0)) \times TC \times M
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Supondo-se  $nc(S)$  cenários de estresse para o preço do ativo-objeto,  $nc(r)$  cenários de estresse para a taxa de juro livre de risco,  $nc(rc)$  cenários de estresse para o custo de carregamento e  $nc(\sigma S)$  cenários de estresse para a volatilidade implícita da opção, tem-se, para cada opção, o total de  $NC$  cenário contíguos a serem avaliados, onde:

$$NC = nc(S) \times nc(r) \times nc(rc) \times nc(\sigma S) \tag{3.3}$$

Esses cenários são determinados pelo produto cartesiano dentre todos os cenários de estresse para os fatores de risco considerados. É importante observar que não é necessário recalculá-los para cada carteira de opções. Seja  $Q_w$  a quantidade de contratos de opções  $w$  presente na carteira de um participante. Adota-se a convenção segundo a qual  $Q_w$  apresentará sinal positivo, quando a posição for comprada na opção; e negativo, quando for vendida. Para a posição de  $Q_w$  unidades da opção  $w$ , tem-se:

$$\begin{aligned}
 Fin(i; j; m; n)_{w, Q_w} &= Fin(i; j; m; n)_{w,1} \times Q_w \\
 CLC(i; j; m; n)_{w, Q_w} &= CLC(i; j; m; n)_{w,1} \times Q_w \\
 \Delta(i; j; m; n)_{w, Q_w} &= \Delta(i; j; m; n)_{w,1} \times Q_w
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

### 3.1.1 Exemplo Numérico

Suponha, por exemplo, a seguinte carteira de opções do tipo europeu sobre a taxa de câmbio R\$/USD a vista:

- venda de 30 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 2.800 R\$/1.000 USD;
- compra de 30 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.200 R\$/1.000 USD;
- venda de 30 opções de venda com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 2.800 R\$/1.000 USD.



Para tornar mais fácil o entendimento do exemplo, são considerados apenas três cenários para cada fator de risco, correspondendo a cenário de mercado (M), cenário de alta (+1) e cenário de baixa (-1). A carteira de opções e os resultados unitários para cada uma dessas opções, bem como para carteira, são apresentados nas tabelas a seguir.

**Tabela 3.1 – Carteira de Opções**

Carteira							
Opção	Tipo*	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
DOL-JA08	C	2.800,00	177	257	5.980,72	(30)	179.421,60
DOL-JA17	C	3.200,00	177	257	848,13	30	(25.443,90)
DOL-JA33	P	2.800,00	177	257	4.476,98	(30)	134.309,40
<b>CLC da Carteira</b>							<b>288.287,10</b>

(\*) C: opções de compra (*calls*), P: opções de venda (*puts*)





Tabela 3.2 – Preços Unitários por Cenário

Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Cenário rc	DOL-JA08		DOL-JA17		DOL-JA33	
				Preço	Varição	Preço	Varição	Preço	Varição
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	5.980,72	-	848,13	-	4.476,98	-
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	4.088,64	(1.892,08)	453,05	(395,08)	6.295,83	1.818,85
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	7.844,08	1.863,36	1.339,75	491,62	3.291,90	(1.185,08)
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	7.317,41	1.336,69	1.206,83	358,70	3.434,04	(1.042,94)
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	5.153,81	(826,91)	670,83	(177,30)	4.981,36	304,38
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	9.390,42	3.409,70	1.849,06	1.000,93	2.438,60	(2.018,38)
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	4.938,01	(1.042,71)	610,46	(237,67)	5.550,42	1.073,44
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	3.284,39	(2.696,33)	314,67	(533,46)	7.607,73	3.130,75
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	6.608,85	628,13	991,12	142,99	4.172,82	(304,16)
M/2,5645	M/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	7.012,56	1.031,84	1.482,90	634,77	5.508,83	1.031,85
M/2,5645	M/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	5.098,20	(882,52)	911,81	63,68	7.305,40	2.878,42
M/2,5645	M/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	8.843,36	2.862,64	2.123,65	1.275,52	4.291,18	(185,80)
M/2,5645	M/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	8.306,89	2.326,17	1.947,53	1.099,40	4.423,52	(55,46)
M/2,5645	M/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	6.165,93	185,21	1.229,99	381,86	5.993,48	1.316,50
M/2,5645	M/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	10.315,27	4.334,55	2.732,24	1.884,51	3.383,45	(1.093,53)
M/2,5645	M/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	5.983,50	2,78	1.152,54	304,41	6.595,91	2.118,93
M/2,5645	M/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	4.268,35	(1.712,37)	691,93	(156,20)	8.991,69	4.114,71
M/2,5645	M/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	7.653,25	1.672,53	1.681,31	833,18	5.217,22	740,24
M/2,5645	M/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	4.951,17	(1.029,55)	366,14	(481,99)	3.447,43	(1.029,55)
M/2,5645	M/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	3.084,73	(2.895,99)	153,31	(694,82)	5.291,93	814,95
M/2,5645	M/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	6.868,75	888,03	683,47	(164,66)	2.316,57	(2.160,41)
M/2,5645	M/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	6.345,88	365,16	597,30	(250,83)	2.462,51	(2.014,47)
M/2,5645	M/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	4.141,17	(1.839,55)	266,85	(581,28)	3.968,73	(508,25)
M/2,5645	M/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	8.517,66	2.536,94	1.061,04	212,91	1.585,85	(2.891,13)
M/2,5645	M/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	3.892,41	(2.088,31)	230,84	(617,29)	4.504,82	27,84
M/2,5645	M/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	2.322,48	(3.658,24)	91,20	(756,93)	6.645,82	2.168,84
M/2,5645	M/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	5.571,16	(409,56)	450,59	(397,54)	3.135,13	(1.341,85)
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	14.034,09	8.053,37	3.676,39	2.828,26	1.272,08	(3.204,90)
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	10.794,91	4.814,19	2.320,77	1.472,64	2.077,81	(2.399,17)
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	16.908,54	10.927,82	5.115,51	4.267,38	823,73	(3.653,25)
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	16.022,64	10.041,92	4.719,59	3.871,46	881,00	(3.595,98)
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	12.591,08	6.610,36	3.082,02	2.233,89	1.494,34	(2.982,64)
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	19.017,23	13.036,51	6.403,14	5.555,01	552,79	(3.924,19)
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	12.364,11	6.383,39	2.904,24	2.056,11	1.718,25	(2.758,73)
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	9.319,52	3.338,80	1.777,66	99,53	2.718,56	(1.758,42)
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	15.111,46	9.130,74	4.135,77	3.287,64	1.142,80	(3.334,18)
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	14.785,43	8.804,71	4.781,07	3.932,94	2.023,42	(2.453,56)
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	11.689,62	5.708,90	3.290,81	2.442,68	2.972,52	(1.504,46)
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	17.530,73	11.550,01	6.282,05	5.433,92	1.445,92	(3.031,06)
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	16.657,56	10.676,84	5.855,61	5.007,48	1.515,91	(2.961,07)
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	13.381,14	7.400,42	4.124,81	3.276,68	2.284,40	(2.192,58)
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	19.524,98	13.544,26	7.560,91	6.172,78	1.060,54	(3.416,44)
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	13.214,49	7.233,77	3.957,29	3.109,16	2.568,63	(1.908,35)
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	10.293,89	4.313,17	2.667,31	1.819,18	3.692,93	(784,05)
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	15.837,58	9.856,86	5.282,79	4.434,66	1.868,92	(2.608,06)
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	13.407,16	7.426,44	2.596,85	1.748,72	645,15	(3.831,83)
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	9.974,93	3.994,21	1.425,52	577,39	1.257,83	(3.219,15)
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	16.438,01	10.457,29	3.951,09	3.102,96	153,20	(4.123,78)
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	15.532,55	9.551,83	3.588,33	2.740,20	390,90	(4.086,08)
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	11.906,98	5.926,26	2.079,53	1.231,40	810,24	(3.666,74)
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	18.667,75	12.687,03	5.246,24	4.398,11	203,30	(4.273,68)
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	11.612,96	5.632,24	1.903,65	1.055,52	967,09	(3.509,89)
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	8.391,78	2.411,06	994,38	146,25	1.790,83	(2.686,15)
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	14.521,63	8.540,91	3.005,25	2.157,12	552,97	(3.924,01)
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	1.532,91	(4.447,81)	95,94	(752,19)	11.287,45	6.810,47
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	886,25	(5.094,47)	41,68	(806,45)	14.017,74	9.540,76
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	2.279,29	(3.701,43)	177,91	(670,22)	9.259,74	4.782,76
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	2.076,80	(3.903,92)	155,44	(692,69)	9.451,70	4.974,72
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	1.246,41	(4.734,31)	70,58	(777,55)	11.998,27	7.521,29
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	3.001,72	(2.979,00)	278,46	(569,67)	7.602,53	3.125,55
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	1.153,14	(4.827,58)	61,51	(786,62)	13.023,83	8.546,83
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	644,62	(5.336,10)	25,69	(822,44)	15.892,26	11.415,28
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	1.759,20	(4.321,52)	117,60	(730,53)	10.855,79	6.378,81
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	2.298,96	(3.681,76)	279,80	(568,33)	12.053,50	5.576,52
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	1.490,91	(4.489,81)	149,76	(698,37)	14.622,40	10.145,42
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	3.160,51	(2.820,21)	446,23	(401,90)	10.140,96	5.663,98
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	2.920,92	(3.059,80)	400,93	(447,20)	10.295,82	5.818,84
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	1.942,69	(4.038,03)	221,06	(627,07)	12.694,54	8.217,56
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	3.939,00	(2.041,72)	624,79	(223,34)	8.539,81	4.062,83
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	1.840,75	(4.139,97)	201,22	(646,91)	13.711,43	9.234,45
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	1.166,98	(4.813,74)	104,91	(743,22)	16.414,61	11.937,63
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	2.574,91	(3.405,81)	327,57	(520,56)	11.671,51	7.195,53
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	858,16	(5.122,56)	16,86	(831,27)	10.612,70	6.135,72
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	408,70	(5.572,02)	5,04	(843,09)	13.540,19	9.063,21
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	1.452,21	(4.528,51)	40,88	(807,25)	8.432,65	3.955,67
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	1.292,84	(4.687,88)	33,99	(814,14)	8.667,75	4.190,77
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	654,17	(5.326,55)	10,92	(837,21)	11.406,03	6.929,05
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	2.090,16	(3.890,56)	77,89	(770,24)	6.690,97	2.213,99
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	581,34	(5.399,38)	8,80	(839,33)	12.452,02	7.975,04
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	262,12	(5.718,60)	2,47	(845,66)	15.509,75	11.032,77
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	1.025,49	(4.955,23)	22,43	(825,70)	10.122,08	5.645,10



Tabela 3.3 – Financeiros das Opções por Cenário

Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Cenário rc	DOL-JA06		DOL-JA17		DOL-JA33	
				Financeiro	Varição	Financeiro	Varição	Financeiro	Varição
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(179.421,60)		25.443,90		(134.309,40)	
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(122.659,20)	56.762,40	13.591,50	(11.852,40)	(188.874,90)	(54.565,50)
M/2,5645	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(235.322,40)	(55.900,80)	40.192,50	14.748,60	(98.757,00)	35.552,40
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(219.522,30)	(40.100,70)	36.204,90	10.761,00	(103.021,20)	31.288,20
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(154.614,30)	24.807,30	20.124,90	(5.319,00)	(149.440,80)	(15.131,40)
M/2,5645	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(281.712,60)	(102.291,00)	55.471,80	30.027,90	(73.798,00)	60.551,40
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(148.140,30)	31.281,30	18.313,80	(7.130,10)	(165.264,90)	(32.203,20)
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(98.531,70)	80.889,90	9.440,10	(16.003,80)	(228.231,90)	(93.922,50)
M/2,5645	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(198.265,50)	(18.843,90)	29.733,60	4.289,70	(125.184,60)	9.124,80
M/2,5645	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(210.376,80)	(30.955,20)	44.487,00	19.043,10	(165.264,90)	(30.955,50)
M/2,5645	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(152.946,00)	26.475,60	27.354,30	1.910,40	(219.162,00)	(84.852,60)
M/2,5645	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(265.300,80)	(85.879,20)	61.709,50	38.265,60	(128.735,40)	5.574,00
M/2,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(249.206,70)	(69.785,10)	58.425,90	32.882,00	(132.705,60)	1.603,80
M/2,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(184.977,90)	(5.556,30)	36.899,70	11.455,80	(179.804,40)	(45.495,00)
M/2,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(309.458,10)	(130.036,50)	81.967,20	56.523,30	(101.503,50)	32.805,90
M/2,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(179.505,00)	(83,40)	34.576,20	9.132,30	(197.877,30)	(63.567,90)
M/2,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(128.050,50)	51.371,10	20.757,90	(4.686,00)	(257.750,70)	(123.441,30)
M/2,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(229.597,50)	(50.175,90)	50.439,30	24.995,40	(156.516,60)	(22.207,20)
M/2,5645	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(148.535,10)	30.866,50	10.984,20	(14.459,70)	(102.422,90)	30.866,50
M/2,5645	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(92.541,90)	86.879,70	4.599,30	(20.844,60)	(158.757,90)	(24.448,50)
M/2,5645	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(206.062,50)	(26.640,90)	20.504,10	(4.939,80)	(69.497,10)	64.812,30
M/2,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(190.376,40)	(10.934,80)	17.919,00	(7.524,90)	(73.875,30)	60.434,10
M/2,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(124.235,10)	55.186,50	8.005,50	(17.438,40)	(119.061,90)	15.247,50
M/2,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(255.529,80)	(76.108,20)	31.831,20	6.387,30	(47.575,50)	86.733,90
M/2,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(116.772,30)	62.649,30	6.925,20	(18.518,70)	(135.144,60)	(835,20)
M/2,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(69.674,40)	109.747,20	2.736,00	(22.707,90)	(199.374,60)	(65.065,20)
M/2,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(167.134,80)	12.286,80	13.517,70	(11.926,20)	(94.053,90)	40.255,50
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(421.022,70)	(241.601,10)	110.291,70	84.847,80	(38.162,40)	96.147,00
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(323.847,30)	(144.425,70)	69.623,10	44.179,20	(62.334,30)	71.975,10
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(507.256,20)	(327.834,60)	153.465,30	128.021,40	(24.711,90)	109.597,50
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(480.679,20)	(301.257,60)	141.587,70	116.143,80	(26.430,00)	107.879,40
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(377.732,40)	(198.310,80)	92.460,60	67.016,70	(44.830,20)	89.479,20
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(570.516,90)	(391.095,30)	192.094,20	166.650,30	(156.583,70)	117.725,70
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(370.923,30)	(191.501,70)	87.127,20	61.683,30	(51.547,50)	82.761,90
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(279.585,60)	(100.164,00)	53.329,80	27.885,90	(81.556,80)	52.752,60
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(453.343,80)	(273.922,20)	124.073,10	98.629,20	(34.284,00)	100.025,40
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(443.562,90)	(264.141,30)	143.432,10	117.988,20	(60.702,60)	73.606,80
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(350.688,60)	(171.267,00)	98.724,30	73.280,40	(69.175,60)	45.133,80
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(525.921,90)	(346.500,30)	188.461,50	163.017,60	(43.377,60)	90.931,80
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(499.726,80)	(320.305,20)	175.668,30	150.224,40	(45.477,30)	88.832,10
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(401.434,20)	(222.012,60)	123.744,30	98.300,40	(68.532,00)	65.777,40
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(585.749,40)	(406.327,80)	226.827,30	201.383,40	(31.816,20)	102.493,20
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(396.434,70)	(217.013,10)	118.718,70	93.274,80	(77.058,90)	57.250,50
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(308.816,70)	(129.395,10)	80.019,30	54.575,40	(110.781,90)	23.521,50
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(475.127,40)	(295.705,80)	158.483,70	133.039,80	(56.067,60)	78.241,80
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(402.214,80)	(222.793,20)	77.905,50	52.461,60	(119.354,50)	114.954,90
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(299.247,90)	(119.826,30)	42.765,60	17.321,70	(37.734,90)	96.574,50
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(493.140,30)	(313.718,70)	118.532,70	93.088,80	(110.596,00)	123.713,40
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(465.976,50)	(286.554,90)	107.649,90	82.206,00	(11.727,00)	122.582,40
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(357.209,40)	(177.787,80)	62.385,90	36.942,00	(24.307,20)	110.002,20
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(560.032,50)	(380.610,90)	157.387,20	131.943,30	(6.099,00)	128.210,40
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(348.388,80)	(168.967,20)	57.109,50	31.665,60	(29.012,70)	105.296,70
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(251.753,40)	(72.331,80)	29.831,40	4.387,50	(53.724,90)	80.584,50
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(435.648,90)	(256.227,30)	90.157,50	64.713,60	(117.589,10)	117.720,30
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(45.987,30)	133.434,30	2.878,20	(22.565,70)	(338.623,50)	(204.314,10)
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(26.587,50)	152.834,10	1.250,40	(24.193,50)	(420.532,20)	(286.222,80)
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(68.378,70)	111.042,90	5.337,30	(20.106,60)	(277.792,20)	(143.482,80)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(62.304,00)	117.117,60	4.663,20	(20.780,70)	(283.551,00)	(149.241,60)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(37.392,30)	142.029,30	2.117,40	(23.326,50)	(359.948,10)	(225.638,70)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(90.051,60)	89.370,00	8.353,80	(17.090,10)	(228.075,90)	(93.766,50)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(34.594,20)	144.827,40	1.845,30	(23.598,60)	(390.714,90)	(256.405,50)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(19.338,60)	160.083,00	770,70	(24.673,20)	(476.767,80)	(342.458,40)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(52.776,90)	126.645,60	3.528,00	(21.915,90)	(323.673,70)	(191.364,30)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(68.968,80)	110.452,80	8.394,00	(17.049,90)	(631.605,00)	(227.295,60)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(44.727,30)	134.694,30	4.492,80	(20.951,10)	(438.672,00)	(304.362,60)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(94.815,30)	84.606,30	13.386,90	(12.057,00)	(304.228,80)	(169.919,40)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(87.627,60)	91.794,00	12.027,90	(13.416,00)	(308.874,60)	(174.565,20)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(58.280,70)	121.140,90	6.631,80	(18.812,10)	(380.836,20)	(246.526,80)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(118.170,00)	61.251,60	18.743,70	(6.700,20)	(256.194,30)	(121.884,90)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(55.222,50)	124.199,10	6.036,60	(19.407,30)	(411.342,90)	(277.033,50)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(35.009,40)	144.412,20	3.147,30	(22.296,60)	(492.438,30)	(358.128,90)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(77.247,30)	102.174,30	9.827,10	(15.616,80)	(350.145,30)	(215.835,90)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(25.744,80)	153.676,80	505,80	(24.938,10)	(318.381,00)	(184.071,60)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(12.261,00)	167.160,60	151,20	(25.292,70)	(406.205,70)	(271.896,30)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(43.566,30)	135.855,30	1.226,40	(24.217,50)	(252.979,50)	(112.670,10)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(38.785,20)	140.636,40	1.019,70	(24.424,20)	(260.032,50)	(125.723,10)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(19.625,10)	159.796,50	327,60	(25.116,30)	(342.180,90)	(207.871,50)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(62.704,80)	116.716,80	2.336,70	(23.107,20)	(200.729,10)	(66.419,70)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(17.440,20)	161.981,40	264,00	(25.179,90)	(373.560,60)	(239.251,20)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(7.863,60)	171.558,00	74,10	(25.369,80)	(465.292,50)	(330.983,10)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(30.764,7					



### 3.2 Consolidação dos Resultados e Determinação do Pior Cenário por Vencimento

Conforme mencionado, o pior cenário de estresse contíguo para dado conjunto de opções de mesmos tipo e data de vencimento é obtido a partir da consolidação de todos os resultados por opção associados a um mesmo cenário. Assim, os valores, para um vencimento  $V$  qualquer, do financeiro, do CLC e da variação da carteira de opções de um determinado tipo são dados por:

$$\begin{aligned} Fin(i; j; m; n)_V &= \sum_{w(V)=1}^{nopc(V)} Fin(i; j; m; n)_{w(V),1} \times Q_{w(V)} \\ CLC(i; j; m; n)_V &= \sum_{w(V)=1}^{nopc(V)} CLC(i; j; m; n)_{w(V),1} \times Q_{w(V)} \\ \Delta(i; j; m; n)_V &= \sum_{w(V)=1}^{nopc(V)} \Delta(i; j; m; n)_{w(V),1} \times Q_{w(V)} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Na fórmula acima,  $nopc(V)$  corresponde ao número de opções de mesmo tipo cujo vencimento é igual a  $V$ . Após o procedimento de consolidação dos valores por cenário contíguo, estes podem ser utilizados para estimar o pior cenário associado a cada vencimento. Esse cenário é determinado pela maior variação negativa (isto, é, perda) consolidada, de acordo com a fórmula (3.6) a seguir.

$$\Delta(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_V = \min_{i; j; m; n} (\Delta(i; j; m; n)_V) \quad (3.6)$$

A determinação do pior cenário  $[i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min}]$  é feita numericamente, ou seja, por meio do cálculo da variação do valor da carteira  $\Delta(i; j; m; n)$  para todos os cenários contíguos considerados.

#### 3.2.1 Exemplo Numérico (Continuação)

Continuando o exemplo apresentado na subseção 3.1.1, para as variações consolidadas e para o pior cenário, obtêm-se os resultados demonstrados nas tabelas a seguir.



Tabela 3.4 – Financeiro Consolidado por Cenário

Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(288.287,10)	-
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(297.942,60)	(9.655,50)
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(293.886,90)	(5.599,80)
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(286.338,60)	1.948,50
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(283.930,20)	4.356,90
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(299.998,80)	(11.711,70)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(296.339,10)	(8.052,00)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(317.323,50)	(29.036,40)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(293.716,50)	(5.429,40)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(331.154,70)	(42.867,60)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(344.753,70)	(56.466,60)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(330.326,70)	(42.039,60)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(323.486,40)	(35.199,30)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(327.882,60)	(39.595,50)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(328.994,40)	(40.707,30)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(342.806,10)	(54.519,00)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(365.043,30)	(76.756,20)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(335.674,80)	(47.387,70)
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(240.973,80)	47.313,30
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(246.700,50)	41.586,60
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(255.055,50)	33.231,60
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(246.332,70)	41.954,40
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(235.291,50)	52.995,60
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(271.274,10)	17.013,00
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(244.991,70)	43.295,40
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(266.313,00)	21.974,10
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(247.671,00)	40.616,10
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(348.893,40)	(60.606,30)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(316.558,50)	(28.271,40)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(378.502,80)	(90.215,70)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(365.521,50)	(77.234,40)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(330.102,00)	(41.814,90)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(395.006,40)	(106.719,30)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(335.343,60)	(47.056,50)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(307.812,60)	(19.525,50)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(363.554,70)	(75.267,60)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(360.833,40)	(72.546,30)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(341.139,90)	(35.852,80)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(380.838,00)	(92.550,90)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(369.535,80)	(81.248,70)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(346.221,90)	(57.934,80)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(390.738,30)	(102.451,20)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(354.774,90)	(66.487,80)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(339.585,30)	(51.298,20)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(372.711,30)	(84.424,20)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(343.663,80)	(55.376,70)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(294.217,20)	(5.930,10)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(385.203,60)	(96.916,50)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(370.053,60)	(81.766,50)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(319.130,70)	(30.843,60)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(408.744,30)	(120.457,20)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(320.292,00)	(32.004,90)
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(275.646,90)	12.640,20
+1 / 2,7953	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(362.080,50)	(73.793,40)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(381.732,60)	(93.445,50)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(445.869,30)	(157.582,20)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(340.833,60)	(52.546,50)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(341.191,80)	(52.904,70)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(395.223,00)	(106.935,90)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(309.773,70)	(21.486,60)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(423.463,80)	(135.176,70)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(495.335,70)	(207.048,60)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(374.921,70)	(86.634,60)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(422.179,80)	(133.892,70)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(478.906,50)	(190.619,40)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(385.657,20)	(97.370,10)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(384.474,30)	(96.187,20)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(432.485,10)	(144.198,00)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(355.620,60)	(67.333,50)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(460.528,80)	(172.241,70)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(524.300,40)	(236.013,30)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(417.565,50)	(129.278,40)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(343.620,00)	(55.332,90)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(418.315,50)	(130.028,40)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(295.319,40)	(7.032,30)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(297.798,00)	(9.510,90)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(361.478,40)	(73.191,30)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(261.097,20)	27.189,90
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(390.736,80)	(102.449,70)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(473.082,00)	(184.794,90)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(333.754,20)	(45.467,10)

**Tabela 3.5 – Financeiro Consolidado no pior Cenário**

Pior Cenário					
Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Variação Consolidada
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(524.300,40)	(236.013,30)

**3.3 Determinação do Valor da Margem Requerida**

O valor da margem de garantia associado a um conjunto de opções de mesmos tipo e data de vencimentos é estabelecido a partir do seu CLC no pior cenário de estresse contíguo, determinado de acordo com a fórmula (3.6). Caso esse valor seja negativo, significando recebimento de recursos mesmo no pior cenário de estresse, a margem é considerada igual a zero, conforme a fórmula (3.7) a seguir:

$$Margem_v = \max\left( CLC(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_v ; 0 \right) \tag{3.7}$$

A fórmula (3.7) pode, equivalentemente, ser reescrita como:

$$\begin{aligned}
 Margem_v &= \max\left( CLC_v - \Delta(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_v ; 0 \right) \\
 CLC_v &= CLC(0; 0; 0; 0)_v
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

Conforme mencionado, cada tipo de opção tem seu risco determinado em uma subcarteira específica. O valor da margem de cada subcarteira é, por sua vez, fixado a partir da soma das margens calculadas para cada vencimento, isto é:

$$Margem_{Subcarteira} = \sum_{V=1}^{nvenc} Margem_v \tag{3.9}$$

Por fim, a margem da carteira de opções composta por *nsc* subcarteiras de opções é dada pelo somatório das margens das subcarteiras, conforme a fórmula (3.10).

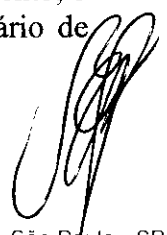
$$Margem_{Carteira} = \sum_{s=1}^{nsc} Margem_{Subcarteira(s)} \tag{3.10}$$

**3.3.1 Exemplo Numérico (Continuação)**

Continuando o exemplo iniciado na subseção 3.1.1, o valor da margem é determinado da seguinte maneira:

$$Margem_v = \max(524.300,40; 0) = 524.300,40 \tag{3.11}$$

Vale observar que resultado equivalente pode ser obtido empregando-se, por vencimento, o CLC da carteira no cenário de mercado descontado de sua variação no pior cenário de estresse, conforme a fórmula (3.8). Assim:



$$Margem_v = \max(288.287,10 - (-236.013,30); 0) = 524.300,40 \quad (3.12)$$

Nesse exemplo bastante simples, vale notar que o valor da margem do vencimento considerado é igual ao valor da margem da subcarteira de opções sobre a taxa de câmbio R\$/USD a vista que, por sua vez, é igual ao valor da margem da carteira de opções.

#### 4. Outros Aspectos Associados à Determinação do Risco de Uma Carteira de Opções

Nas subseções a seguir, são detalhados alguns aspectos acessórios que devem ser considerados no processo de determinação do risco de uma carteira de opções padronizadas no SRL.

##### 4.1 Incorporando o Spread de Compra e Venda

O *spread* de compra e venda representa a diferença entre os preços de compra e de venda praticados pelo mercado. A existência desse *spread* faz com que os preços para compra/venda sejam ligeiramente superiores/inferiores aos preços médios, impondo, portanto, perda ao comprador/vendedor. Outro aspecto importante relacionado aos *spreads* de compra e venda é sua natureza não-determinística.

O financeiro de uma posição em uma opção genérica  $w$  no cenário de estresse, considerando-se o *spread* de compra e venda, é dado pelas fórmulas:

$$Fin(i; j; m; n)_{w, Q_w} = f(S(i); K; r(j); rc(m); t; \sigma(n)) \times F_\gamma \times TC \times M \times Q_w \quad (4.1)$$

$$F_\gamma = (1 - \text{sgn}(Q) \times \gamma) \quad (4.2)$$

A função  $\text{sgn}(x)$  utilizada em (4.2) é igual a +1 quando  $x \geq 0$  e igual a -1 quando  $x < 0$ . Assim, o fator  $F_\gamma$  determina aumento do preço das posições vendidas e redução no preço das posições compradas, dado que  $0 \leq \gamma \leq 1$ . O fator  $\gamma$  pode ser diferenciado para cada opção, isto é, para cada tipo/série.

Suponha a carteira de opções apresentada na seção anterior e *spread* uniforme de 2%. Nesse caso, a margem da carteira seria de R\$534.912,30, conforme mostrado a seguir.





Tabela 4.1 – Financeiros das Opções por Cenário, com Spread de Compra e Venda

Cenário S	Cenário σ	Cenário τ	Cenário rc	DOL-JA08		DOL-JA17		DOL-JA33	
				Financeiro	Varição	Financeiro	Varição	Financeiro	Varição
M/12,5645	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(183.010,03)	-	24.935,02	-	(136.995,59)	-
M/12,5645	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(125.112,38)	57.897,65	13.319,67	(11.615,35)	(192.652,40)	(55.656,81)
M/12,5645	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(240.028,85)	(57.018,82)	39.388,65	14.453,63	(100.732,14)	36.263,45
M/12,5645	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(223.912,75)	(40.982,71)	35.480,80	10.545,78	(105.081,62)	31.913,96
M/12,5645	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(157.706,59)	25.303,45	19.722,40	(5.212,62)	(152.429,62)	(15.434,03)
M/12,5645	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(287.346,85)	(104.336,82)	54.362,36	29.427,34	(75.233,16)	61.762,43
M/12,5645	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(151.103,11)	31.906,93	17.947,52	(6.987,50)	(169.842,85)	(32.847,26)
M/12,5645	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(100.502,33)	82.507,70	9.251,30	(5.683,72)	(232.796,54)	(95.800,95)
M/12,5645	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(202.230,81)	(19.220,78)	29.138,93	4.203,91	(127.688,29)	9.307,30
M/12,5645	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(214.584,34)	(31.574,30)	43.597,26	18.662,24	(168.570,20)	(31.574,61)
M/12,5645	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(156.004,92)	27.005,11	26.807,21	1.872,19	(223.545,24)	(86.549,65)
M/12,5645	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(270.606,82)	(87.596,78)	62.435,31	37.500,29	(131.310,11)	5.685,48
M/12,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(254.190,83)	(71.180,80)	57.257,38	32.322,36	(135.359,71)	1.635,88
M/12,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(188.677,46)	(5.667,43)	36.161,71	11.226,68	(183.400,49)	(46.404,90)
M/12,5645	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(315.647,26)	(132.637,23)	80.327,86	55.392,83	(103.533,57)	33.462,02
M/12,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(183.095,10)	(85,07)	33.884,68	8.949,65	(201.834,85)	(64.839,26)
M/12,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(130.611,51)	52.398,52	20.342,74	(4.592,28)	(262.905,71)	(123.591,13)
M/12,5645	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(234.189,45)	(51.179,42)	49.430,51	24.495,49	(159.646,93)	(22.651,34)
M/12,5645	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(151.505,80)	31.504,23	10.764,52	(11.170,51)	(55.491,36)	31.504,23
M/12,5645	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(94.392,74)	88.617,29	4.507,31	(20.427,71)	(161.933,06)	(24.937,47)
M/12,5645	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(210.183,75)	(27.173,72)	20.094,02	(4.841,00)	(90.887,04)	66.108,55
M/12,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(194.183,93)	(11.173,90)	17.560,62	(7.374,40)	(75.352,81)	61.642,78
M/12,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(126.719,80)	56.290,23	7.845,39	(17.089,63)	(121.443,14)	15.552,45
M/12,5645	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(260.640,40)	(77.630,36)	31.194,58	6.259,55	(48.577,01)	88.468,58
M/12,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(119.167,75)	63.902,29	6.786,70	(18.148,33)	(137.847,49)	(851,90)
M/12,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(71.067,89)	111.942,14	2.681,28	(22.253,74)	(203.362,09)	(66.366,50)
M/12,5645	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(170.477,30)	12.532,54	13.247,35	(11.687,68)	(95.934,98)	41.060,61
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(429.443,15)	(246.433,12)	108.085,87	83.150,84	(38.925,65)	98.069,94
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(330.324,25)	(147.314,21)	68.230,64	43.295,62	(63.580,99)	73.414,60
+1/2,7953	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(517.401,32)	(334.391,29)	150.395,99	125.460,97	(25.206,14)	111.789,45
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(490.292,78)	(307.282,75)	138.755,95	113.820,92	(26.958,60)	110.036,99
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(385.287,05)	(202.277,02)	90.611,39	65.676,37	(45.726,80)	91.268,78
+1/2,7953	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(581.927,24)	(398.917,21)	188.252,32	163.317,29	(16.915,37)	120.080,21
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(378.341,77)	(195.331,73)	85.384,66	60.449,63	(52.578,45)	84.417,14
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(285.177,31)	(102.167,28)	52.263,20	27.328,18	(83.187,94)	53.807,65
+1/2,7953	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(462.410,68)	(279.400,64)	121.591,64	96.656,62	(34.969,68)	102.025,91
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(452.434,16)	(269.424,13)	140.563,46	115.628,44	(61.916,65)	75.078,94
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(357.702,37)	(174.692,34)	96.749,81	71.814,79	(90.959,11)	46.036,48
+1/2,7953	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(536.440,34)	(353.430,31)	184.692,27	159.757,25	(44.245,15)	92.750,44
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(509.721,34)	(326.711,30)	172.154,93	147.219,91	(46.386,85)	90.608,74
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(409.462,88)	(226.452,85)	121.269,41	96.334,39	(69.902,64)	67.992,95
+1/2,7953	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(597.464,39)	(414.454,36)	222.290,75	197.355,73	(32.452,52)	104.543,06
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(404.363,39)	(221.353,36)	116.344,33	91.409,30	(78.600,08)	58.395,51
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(314.993,03)	(131.983,00)	78.418,91	53.483,89	(113.003,66)	23.991,91
+1/2,7953	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(484.629,95)	(301.619,92)	155.314,03	130.379,00	(57.188,95)	79.806,64
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(410.259,10)	(227.249,06)	76.347,39	51.412,37	(19.741,59)	117.254,00
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(305.232,86)	(122.222,83)	41.910,29	16.975,27	(38.489,60)	98.505,99
+1/2,7953	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(503.003,11)	(319.993,07)	116.162,05	91.227,02	(10.807,92)	126.187,67
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(475.296,03)	(292.286,00)	105.496,90	80.561,88	(11.961,54)	125.034,05
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(364.353,59)	(181.343,56)	61.138,18	36.203,16	(24.793,34)	112.202,24
+1/2,7953	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(571.233,15)	(388.223,12)	154.239,46	129.304,43	(6.220,98)	130.774,61
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(355.356,58)	(172.346,54)	55.967,31	31.032,29	(29.592,95)	107.402,63
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(256.788,47)	(73.778,44)	29.234,77	4.299,75	(54.799,40)	82.196,19
+1/2,7953	-1/10,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(444.361,88)	(261.351,85)	88.354,35	63.419,33	(16.920,88)	120.074,71
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	M/3,56%	(46.907,05)	136.102,99	2.820,64	(22.114,39)	(345.395,97)	(208.400,38)
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	+1/8,03%	(27.119,25)	155.890,78	1.225,39	(23.709,63)	(428.942,84)	(291.947,26)
-1/2,3337	M/12,50%	M/19,42%	-1/0,09%	(69.746,27)	113.263,76	5.230,55	(19.704,47)	(283.348,04)	(146.352,46)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	M/3,56%	(63.550,08)	114.559,95	4.569,94	(20.365,09)	(289.222,02)	(152.226,43)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	+1/8,03%	(38.140,15)	144.869,89	2.075,05	(22.859,97)	(367.147,06)	(230.151,47)
-1/2,3337	M/12,50%	+1/22,77%	-1/0,09%	(91.852,63)	91.157,40	8.186,72	(16.748,30)	(232.637,42)	(95.641,83)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	M/3,56%	(35.286,08)	147.723,95	1.808,39	(23.126,63)	(398.529,20)	(261.333,61)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	+1/8,03%	(19.725,37)	163.284,66	755,29	(24.179,74)	(486.303,16)	(349.307,57)
-1/2,3337	M/12,50%	-1/16,57%	-1/0,09%	(53.831,52)	129.178,51	3.457,44	(21.477,58)	(332.187,17)	(195.191,59)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	M/3,56%	(70.348,18)	112.661,86	8.226,12	(16.708,90)	(368.837,10)	(231.841,51)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(45.621,85)	137.388,19	4.402,94	(20.532,08)	(447.445,44)	(310.449,85)
-1/2,3337	+1/15,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(96.711,61)	86.298,43	13.319,16	(11.815,86)	(310.313,38)	(173.317,79)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(89.380,15)	93.629,88	11.787,34	(13.147,68)	(315.052,99)	(178.056,50)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(59.446,31)	123.563,72	6.499,16	(18.435,86)	(388.452,92)	(251.457,34)
-1/2,3337	+1/15,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(120.533,40)	62.476,63	18.368,83	(6.566,20)	(261.318,19)	(124.322,60)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(56.326,95)	126.683,08	5.915,87	(19.019,15)	(419.569,76)	(282.574,17)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(35.709,59)	147.300,44	3.084,35	(21.850,67)	(502.287,07)	(365.291,48)
-1/2,3337	+1/15,00%	-1/16,57%	-1/0,09%	(78.792,25)	104.217,79	9.630,56	(15.304,46)	(357.148,21)	(220.152,62)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	M/3,56%	(26.259,70)	156.750,34	495,68	(24.439,34)	(324.748,62)	(187.753,03)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	+1/8,03%	(12.506,22)	170.503,81	148,18	(24.786,85)	(414.329,81)	(277.334,23)
-1/2,3337	-1/10,00%	M/19,42%	-1/0,09%	(44.437,63)	138.572,41	1.201,87	(23.733,15)	(258.039,09)	(121.043,50)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	M/3,56%	(39.560,90)	143.449,13	999,31	(23.935,72)	(265.233,15)	(128.237,56)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	+1/8,03%	(20.017,60)	162.992,43	321,05	(24.613,97)	(349.024,52)	(212.028,93)
-1/2,3337	-1/10,00%	+1/22,77%	-1/0,09%	(63.958,90)	119.051,14	2.289,97	(22.645,06)	(204.743,68)	(67.748,09)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	M/3,56%	(17.789,00)	165.221,03	258,72	(24.676,30)	(381.031,81)	(244.036,22)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/16,57%	+1/8,03%	(6.020,87)	174.989,16	72,62	(24.862,40)	(474.598,35)	(337.602,76)
-1/2,3337	-1/10,00%	-1/							



Tabela 4.2 – Financeiro Consolidado por Cenário, com Spread de Compra e Venda

Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(295.070,60)	-
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(304.445,11)	(9.374,51)
M / 2,5645	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(301.372,34)	(6.301,74)
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(293.513,57)	1.557,03
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(290.413,80)	4.656,80
M / 2,5645	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(308.217,65)	(13.147,05)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(302.998,43)	(7.927,84)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(324.047,57)	(28.976,98)
M / 2,5645	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(300.780,17)	(5.709,58)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(339.557,27)	(44.486,68)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(352.742,95)	(57.672,35)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(339.481,61)	(44.411,02)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(332.293,16)	(37.222,57)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(335.916,24)	(40.845,64)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(338.852,98)	(43.782,38)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(351.045,27)	(55.974,67)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(373.174,48)	(78.103,88)
M / 2,5645	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(344.405,87)	(49.335,27)
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(246.232,64)	48.837,95
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(251.818,48)	43.252,12
M / 2,5645	-1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(260.976,77)	34.093,82
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(251.976,11)	43.094,48
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(240.317,55)	54.753,05
M / 2,5645	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(277.972,83)	17.097,77
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(250.168,54)	44.902,06
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(271.748,70)	23.321,90
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(253.165,13)	41.905,47
M / 2,5645	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(360.282,94)	(65.212,34)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(325.674,59)	(30.604,00)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(392.211,47)	(97.140,87)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(378.495,44)	(83.424,84)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(340.402,46)	(45.331,87)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(410.590,30)	(115.519,70)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(345.535,56)	(50.464,96)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(316.102,04)	(21.031,45)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(375.788,72)	(80.718,12)
+1 / 2,7953	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(373.787,35)	(78.716,75)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(351.911,67)	(56.841,07)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(395.993,22)	(100.922,62)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(383.953,25)	(88.882,65)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(358.096,11)	(63.025,51)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(407.626,16)	(112.555,56)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(366.619,15)	(71.548,55)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(349.577,78)	(54.507,18)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(386.504,87)	(91.434,28)
+1 / 2,7953	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(353.653,30)	(58.582,70)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(301.812,17)	(6.741,57)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(397.648,98)	(102.578,38)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(381.760,67)	(86.690,07)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(328.008,75)	(32.938,15)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(423.214,67)	(128.144,08)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(328.982,22)	(33.911,62)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(282.353,09)	12.717,50
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(372.928,41)	(77.857,81)
+1 / 2,7953	+1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(389.482,38)	(94.411,78)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	M / 3,56%	(454.836,70)	(159.766,10)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(347.863,76)	(52.793,17)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(348.202,16)	(53.131,57)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(403.212,16)	(108.141,56)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(316.303,33)	(21.232,73)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(432.006,89)	(136.936,29)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(505.273,24)	(210.202,64)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(382.561,25)	(87.490,66)
-1 / 2,3337	M / 12,50%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(430.959,16)	(135.888,56)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(488.664,34)	(193.593,74)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(393.905,82)	(98.835,22)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(392.644,90)	(97.574,30)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(441.400,07)	(146.329,48)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(363.482,76)	(68.412,16)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(469.980,84)	(174.910,24)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(534.912,30)	(239.841,70)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(426.309,89)	(131.239,30)
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%	(350.512,63)	(55.442,03)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	M / 3,56%	(426.687,86)	(131.617,26)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	+1 / 8,03%	(301.274,84)	(6.204,25)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	M / 19,42%	-1 / 0,09%	(303.794,75)	(8.724,15)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	M / 3,56%	(368.721,07)	(73.650,47)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	+1 / 8,03%	(266.412,61)	28.657,99
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 22,77%	-1 / 0,09%	(398.562,10)	(103.491,50)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	M / 3,56%	(482.546,60)	(187.476,01)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(340.456,20)	(45.385,60)
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	-1 / 16,57%	-1 / 0,09%		

**Tabela 4.3 – Financeiro Consolidado por Cenário, com *Spread* de Compra e Venda**

Pior Cenário					
Cenário S	Cenário $\sigma$	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
-1 / 2,3337	+1 / 15,00%	-1 / 16,57%	+1 / 8,03%	(534.912,30)	(239.841,70)

#### 4.2 Utilização de Superfícies de Volatilidade

Outro aspecto que deve ser considerado é que a volatilidade mais adequada para apuração e cálculo do risco de carteiras de opções não é a volatilidade histórica do ativo-objeto da opção, mas sim a volatilidade implícita obtida por meio de preços praticados no mercado. A utilização da volatilidade implícita permite que sejam determinados preços bastante próximos àqueles observados no mercado, propiciando também maior exatidão nas estimativas de risco. No entanto, ao contrário da volatilidade histórica, a volatilidade implícita não é estimativa pontual. De fato, para cada tipo de opção são definidas duas superfícies de volatilidade, uma para opções de compra (*calls*) e outra para opções de venda (*puts*). Os eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  de cada uma dessas superfícies correspondem, respectivamente, ao vencimento das opções, a seus preços de exercício e a sua volatilidade implícita, sendo os cenários de estresse definidos com base em deslocamentos paralelos nessas superfícies.

#### 4.3 Margem Mínima

Em geral, corresponde ao valor mínimo de margem estabelecido para posições lançadoras em opções muito fora do dinheiro, determinado com base em percentual do valor nocional dessas posições. O valor da margem mínima referente a uma opção genérica  $w$  é dado por:

$$MM_{w,1} = S \times FM_w \times TC \times M \quad (4.3)$$

$$MM_{w,Q_w} = S \times FM_w \times TC \times M \times Abs(Q_w)$$

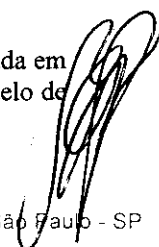
onde:

$MM_{w,1}$	=	margem mínima unitária da opção;
$MM_{w,Q_w}$	=	margem mínima para $Q_w$ unidades da opção;
$S$	=	preço do ativo-objeto da opção;
$FM_w$	=	fator de margem mínima da opção;
$TC$	=	taxa de câmbio, quando aplicável;
$M$	=	tamanho do contrato;
$Q_w$	=	quantidade de contratos vendidos da posição em opções.

A utilização de um valor de margem mínima por opção, dentro do conceito de *full valuation* e de forma *naïve* pode gerar inconsistências relevantes no processo de avaliação do risco de uma carteira de opções.

Primeiramente, é fundamental reconhecer que posições vendidas cobertas (compras de *spread*) não apresentam, de maneira geral<sup>3</sup>, custo de liquidação maior que zero. A posição

<sup>3</sup> É possível imaginar uma situação-limite em que cada uma das pontas da operação de *spread* é liquidada em cenário de estresse diferente, acarretando custo de liquidação positivo. A hipótese adotada pelo modelo de



vendida em opções de compra é considerada coberta quando existe posição comprada em opções de compra de mesmos tipo e vencimento em quantidade igual ou superior, com preço de exercício menor. Analogamente, a posição vendida em opções de venda é considerada coberta quando existe posição comprada em opções de venda de mesmos tipo e vencimento em quantidade igual ou superior, com preço de exercício maior. Essa característica deve ser respeitada para que se garanta a consistência entre os valores de margem da carteira de opções, independentemente do fato de as posições se encontrarem muito ou pouco dentro do dinheiro. Por exemplo, considere a compra de um *spread* de alta em que são compradas  $Q$  opções de compra com preço de exercício igual a  $K_1$  e vendidas  $Q$  opções de compra com preço de exercício igual a  $K_2$ , com  $K_1 < K_2$ . Essa carteira possui valor de mercado maior ou igual a zero qualquer que seja o cenário. Para o cenário no qual o preço do ativo-objeto é muito menor que  $K_1$ , ambas as opções têm preço próximo a zero. Caso fosse estabelecido valor de margem mínima da posição vendida muito fora do dinheiro, sem considerar que esta esteja coberta, ter-se-ia uma a posição sem risco, mas com margem requerida.

O segundo aspecto é a eventual existência de estratégias de limitação de perdas (vendas de *spread*) que, no caso de posições descobertas, não permitam perda igual àquela determinada pela margem mínima. A posição vendida em opções de compra é considerada de perda limitada quando existe posição comprada em opções de compra de mesmos tipo e vencimento em quantidade igual ou superior, com preço de exercício maior. Analogamente, a posição vendida em opções de venda é considerada de perda limitada quando existe posição comprada em opções de venda de mesmos tipo e vencimento em quantidade igual ou superior, com preço de exercício menor. Essa segunda característica é necessária para que não seja fixado um valor de margem superior à perda máxima associada a cada opção em sua data de vencimento. Por exemplo, suponha a venda de um *spread* de alta no qual são vendidas  $Q$  opções de compra com preço de exercício igual a  $K_1$  e compradas  $Q$  opções de compra com preço de exercício igual a  $K_2$ , com  $K_1 < K_2$ . Essa carteira possui perda máxima igual a  $Qx(K_2 - K_1)$ , qualquer que seja o cenário. Caso fosse determinado um valor de margem mínima maior que  $Qx(K_2 - K_1)$  para a posição vendida, haveria uma situação na qual o valor de margem requerida seria maior do que a perda máxima associada à opção em sua data de vencimento.

Por fim, o cômputo da margem mínima deve ser também capaz de reconhecer que eventuais ganhos com posições vendidas cobertas (compra de *spread*) podem abater, sob certas condições, perdas com posições vendidas descobertas (venda *short*) e/ou com posições vendidas de perda limitada (venda de *spread*). O ganho associado a uma posição em opções de compra vendida coberta (compra de *spread*) pode abater perdas com posições vendidas descobertas (venda *short*) e/ou com posições vendidas de perda limitada (venda de *spread*) desde que o preço de exercício da opção vendida coberta seja menor que os preços de exercício dessas posições. No caso de opções de venda, é necessário que o preço de exercício da opção vendida coberta seja maior que os preços de exercício das posições vendidas descobertas (venda *short*) e/ou com perda limitada (venda de *spread*).

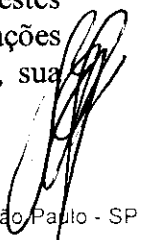
---

*full valuation*, contudo, é de que as operações estruturadas pertencentes a um mesmo vencimento são revertidas em um mesmo cenário, sendo eventuais ineficiências no processo de reversão capturadas por intermédio da utilização de *spreads* de compra e venda, conforme a subseção 4.1.

Para que sejam reconhecidas, de forma conjunta, as posições cobertas e as posições com perdas limitadas, é preciso utilizar algoritmo que identifique, automaticamente, essas posições. Esse algoritmo, para opções de compra, pode ser implementado com procedimentos descritos a seguir.

1. Para determinado conjunto de opções de compra de mesmos tipo e vencimento são definidos os seguintes vetores e variáveis:
  - 1.1  $QV$ : vetor contendo todas as quantidades, em valor absoluto, das posições vendidas em  $m$  diferentes preços de exercício ordenadas por preço de exercício em ordem crescente;
  - 1.2  $KV$ : vetor contendo todos os  $m$  diferentes preços de exercício das posições vendidas ordenadas por preço de exercício em ordem crescente;
  - 1.3  $QC$ : vetor contendo todas as quantidades, em valor absoluto, das posições compradas em  $n$  diferentes preços de exercício ordenadas por preço de exercício em ordem crescente;
  - 1.4  $KC$ : vetor contendo todos os  $n$  diferentes preços de exercício das posições compradas ordenadas por preço de exercício em ordem crescente;
  - 1.5  $FAC$ : valor do financeiro disponível para dedução de perdas, inicialmente igual a zero.
2. Para cada  $QV(i)$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  montam-se até  $n$  operações de *spread* utilizando-se, de forma seqüencial, as compras contidas no vetor  $QC$ . São analisadas as possibilidades descritas em 2.1 e 2.2:
  - 2.1 caso a operação de *spread* seja venda coberta ( $KV(i) > KC(j)$ ), o valor da margem mínima dessa operação será igual a zero e o financeiro disponível para a dedução de perdas, representado por  $FAC$  será acrescido do ganho máximo determinado pela diferença entre os preços de exercício;
  - 2.2 caso a operação de *spread* seja venda com perda limitada ( $KV(i) < KC(j)$ ), o valor da margem mínima dessa operação será igual ao mínimo entre a margem mínima da posição vendida e a perda máxima da operação determinada pela diferença entre os preços de exercício;
  - 2.3 a cada *spread* são atualizados os saldos remanescentes de  $QV(i)$  e  $QC(j)$ .
3. Se, após a determinação de todos os *spreads*, ainda houver saldo remanescente de  $QV(i)$ , a margem mínima associada a esse saldo será calculada da forma usual.
4. A margem mínima total associada a  $QV(i)$  é igual a soma entre as margens mínimas dos diversos *spreads* e do eventual saldo final, sendo descontado, até o limite necessário, o financeiro disponível para a dedução de perdas.
5. Caso o financeiro disponível para dedução de perdas tenha sido utilizado, será atualizado o valor de  $FAC$ .

O algoritmo para opções de venda (*puts*) funciona de modo análogo, invertendo-se apenas a ordenação dos vetores de quantidades e preços de exercício para *puts*  $QV$ ,  $KV$ ,  $QC$  e  $KC$  (ordem decrescente de preços de exercício) e o critério para montagem dos *spreads* nos passos 2.1 e 2.2 –  $KV(i) < KC(j)$  e  $KV(i) > KC(j)$ , respectivamente. Para opções cujos preços de exercício são denominados em taxa (opções sobre o contrato futuro de DI), estes são convertidos para PU de forma a representar corretamente os resultados das operações de *spread*. Nesse caso, as opções têm, para efeito de cálculo da margem mínima, sua



natureza alterada, isto é, opções de compra em taxa são consideradas opções de venda em PU e vice-versa.

É importante notar, por fim, que um valor de margem, mesmo que residual, já se encontra alocado a cada posição vendida em virtude da avaliação conjunta, via *full valuation*, da carteira de opções de mesmo tipo e mesma data de vencimento. A simples adição do valor de margem mínima ao total de margem requerida da carteira traria resultados indesejáveis como, por exemplo, a superestimação dos valores de margem das opções muito dentro do dinheiro. Assim, é mais conveniente adotar o conceito de “acréscimo de margem mínima”, que corresponde ao valor necessário para que se atinja, em cada posição vendida, o valor da margem mínima. O valor do acréscimo de margem mínima é dado de acordo com a fórmula:

$$AcMM_{w,Q_w} = \max\left(0; MM_{w,Q_w} - \text{Abs}\left(\text{Fin}(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_{w,Q_w}\right)\right) \quad (4.4)$$

onde  $AcMM_{w,Q_w}$  corresponde ao valor do acréscimo de margem mínima.

O valor total do adicional de margem mínima associado às posições vendidas em opções de compra e de venda, por vencimento, corresponde ao somatório dos acréscimos de margem individuais, conforme a fórmula (4.5):

$$AcMMCall_V = \sum_{w(V)=1}^{nopc} AcMM_{w(V),Call,Q_w(V)} \quad (4.5)$$

$$AcMMPut_V = \sum_{w(V)=1}^{nopv} AcMM_{w(V),Put,Q_w}$$

Em (4.5),  $nopc$  e  $nopv$  correspondem, respectivamente, ao número de posições vendidas em opções de compra e de venda para um vencimento genérico  $V$ . O maior desses dois valores define o valor do acréscimo de margem mínima que deve ser considerado no cômputo do valor da margem da carteira de opções de mesmo tipo com vencimento  $V$ . Assim, a fórmula (3.7) deve ser estendida para acomodar o acréscimo de margem mínima, conforme a seguir:

$$Margem_V = \max\left(\text{CLC}(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_V + AcMMV_V; 0\right) \quad (4.6)$$

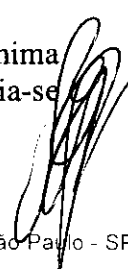
$$AcMMV_V = \max\left(AcMMCall_V; AcMMPut_V\right) \quad (4.7)$$

A fórmula (4.6) pode, de maneira análoga à (3.8), ser reescrita em termos do CLC no cenário de mercado subtraído da sua variação no pior cenário de estresse, isto é:

$$Margem_V = \max\left(\text{CLC}_V - \Delta(i_{\min}; j_{\min}; m_{\min}; n_{\min})_V + AcMMV_V; 0\right) \quad (4.8)$$

Em ambos os casos, os valores de margem das subcarteiras e das carteiras de opções são determinados de acordo com as fórmulas (3.9) e (3.10).

É importante observar que a utilização do máximo entre o acréscimo de margem mínima para opções de compra e o acréscimo de margem mínima para opções de venda baseia-se



na seguinte hipótese: qualquer que seja o evento que aumente o valor de opções de compra muito fora do dinheiro este irá implicar redução no valor das opções de venda muito fora do dinheiro e vice-versa.

### 4.3.1 Exemplo Numérico 1

Considere uma estratégia bastante semelhante àquela apresentada nos exemplos anteriores em que, porém, a venda do *spread* de opções de compra encontra-se muito fora do dinheiro. Essa carteira possui a seguinte composição:

- venda de 30 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.400 R\$/1.000 USD;
- compra de 30 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.450 R\$/1.000 USD;
- venda de 30 opções de venda com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.400 R\$/1.000 USD.

O fator de margem mínima para essas opções é de 3%, considerando-se *spread* de compra e venda igual a 2%. A carteira de opções, os resultados finais e o cálculo da margem mínima são apresentados nas tabelas a seguir.

**Tabela 4.4 – Carteira de Opções**

Carteira							
Opção	Tipo*	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
DOL-JA04	C	3.400,00	177	257	238,96	(30)	7.312,18
DOL-JA05	C	3.450,00	177	257	169,35	30	(4.978,89)
DOL-JA99	P	3.400,00	177	257	25.218,99	(30)	771.701,09
CLC da Carteira							774.034,38

(\*) C: opções de compra (*calls*), P: opções de venda (*puts*)

**Tabela 4.5 – Financeiro Consolidado no Pior Cenário**

Pior Cenário					
Cenário S	Cenário $\sigma$	Cenário $r$	Cenário $rc$	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
-17,2,3337	+17,15,00%	-17,16,57%	+17,8,03%	(1.291.916,61)	(517.382,23)

**Tabela 4.6 – Cálculo do Acréscimo de Margem Mínima**

Opções de Compra					
Compras		Vendas		Preço	Acréscimo Margem Mínima
Preço de Exercício	Quantidade	Preço de Exercício	Quantidade		
3.450,00	30	3.400,00	30	25,98	74.205,01

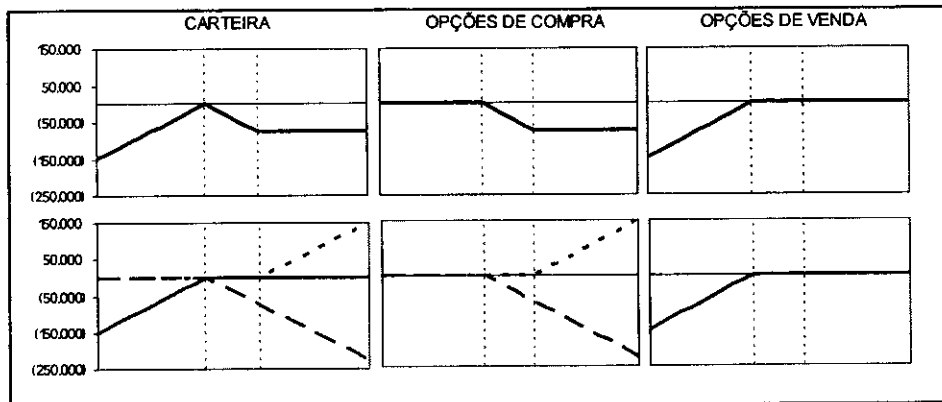
  

Opções de Venda					
Compras		Vendas		Preço	Acréscimo Margem Mínima
Preço de Exercício	Quantidade	Preço de Exercício	Quantidade		
		2.800,00	30	42.210,84	0,00

O valor da margem requerida é dado pela soma do CLC da carteira no pior cenário de estresse com o acréscimo de margem mínima associado às opções de compra vendidas, ou seja, R\$1.366.121,62. A Figura 4.1 traz os diagramas de *payoff* da carteira de opções de compra e de venda, da carteira de opções de compra e da carteira de opções de venda. As linhas pontilhadas representam os diagramas de *payoff* de cada opção tomada individualmente.



**Figura 4.1 – Diagramas de *Payoff* da Carteira de Opções: Exemplo 1**



O valor da margem mínima associado à opção de venda vendida é igual a zero, uma vez que seu valor no cenário de estresse supera o valor da margem mínima. De fato, no pior cenário de estresse e considerando-se *spread* de compra e venda igual a 2%, o valor da posição vendida em opções de venda é  $30 \times 42.210,84 \times (1+2\%)$ , ou seja, R\$1.291.651,70. Esse supera o valor da margem mínima associada a essa posição, dado por:

$$S \times FM_w \times TC \times M \times \text{Abs}(Q_w) \quad (4.9)$$

$$2.564,50 \times 3\% \times 1 \times 50 \times \text{Abs}(30) = 115.402,50$$

Vale observar que o valor da margem mínima associada exclusivamente à posição vendida nas opções de compra, isto é, desconsiderando-se eventuais vendas cobertas e limitadores de perdas, também seria igual a R\$115.402,50, isto é:

$$S \times FM_w \times TC \times M \times \text{Abs}(Q_w) \quad (4.10)$$

$$2.564,50 \times 3\% \times 1 \times 50 \times \text{Abs}(30) = 115.402,50$$

A perda na opção de compra de preço de exercício igual a 3.400,00 R\$/1.000 USD é limitada pela posição comprada na opção de compra com preço de exercício igual a 3.450,00 R\$/1.000 USD, isto é, trata-se de operação de venda de *spread*. O valor dessa perda máxima é dado por:

$$(KC - KV) \times Q \times M \times TC \quad (4.11)$$

$$(3.450,00 - 3.400,00) \times 30 \times 50 \times 1 = 75.000,00$$

No cenário de estresse e considerando-se *spread* de compra e venda igual a 2%, o valor da posição vendida em opções de compra é  $30 \times 25,98 \times (1+2\%)$ , ou seja, R\$794,99. O valor do acréscimo de margem mínima é determinado com base na diferença entre esses dois valores, ou seja, R\$74.205,01.



### 4.3.2 Exemplo Numérico 2

Este exemplo mostra a situação em que o ganho com uma posição vendida coberta (compra de *spread*) pode abater a perda associada a uma posição vendida de perda limitada (venda de *spread*). Dessa forma, considere a carteira de opções com a seguinte composição:

- compra de 200 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.500 R\$/1.000 USD;
- venda de 200 opções de compra com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.550 R\$/1.000 USD;
- venda de 100 opções de venda com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.600 R\$/1.000 USD;
- compra de 100 opções de venda com vencimento em 177 dias úteis e preço de exercício igual a 3.650 R\$/1.000 USD.

O fator de margem mínima para essas opções é 3%, considerando-se *spread* de compra e venda igual a 2%. A carteira de opções, os resultados finais e o cálculo da margem mínima são apresentados nas tabelas a seguir.

**Tabela 4.7 – Carteira de Opções**

Carteira							
Opção	Tipo*	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
DOL-JA81	C	3.500,00	177	257	118,77	200	(23.278,92)
DOL-JA82	C	3.550,00	177	257	82,46	(200)	16.821,84
DOL-JA83	C	3.600,00	177	257	56,69	(100)	5.782,38
DOL-JA84	C	3.650,00	177	257	38,60	100	(3.782,80)
CLC da Carteira							(4.457,50)

(\*) C: opções de compra (*calls*), P: opções de venda (*puts*)

**Tabela 4.8 – Financeiro Consolidado no Pior Cenário**

Pior Cenário					
Cenário S	Cenário $\sigma$	Cenário $r$	Cenário $rc$	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
-1 / 2,3337	-1 / 10,00%	+1 / 17,45%	-1 / 8,03%	2,74	(4.454,76)
Margem					-

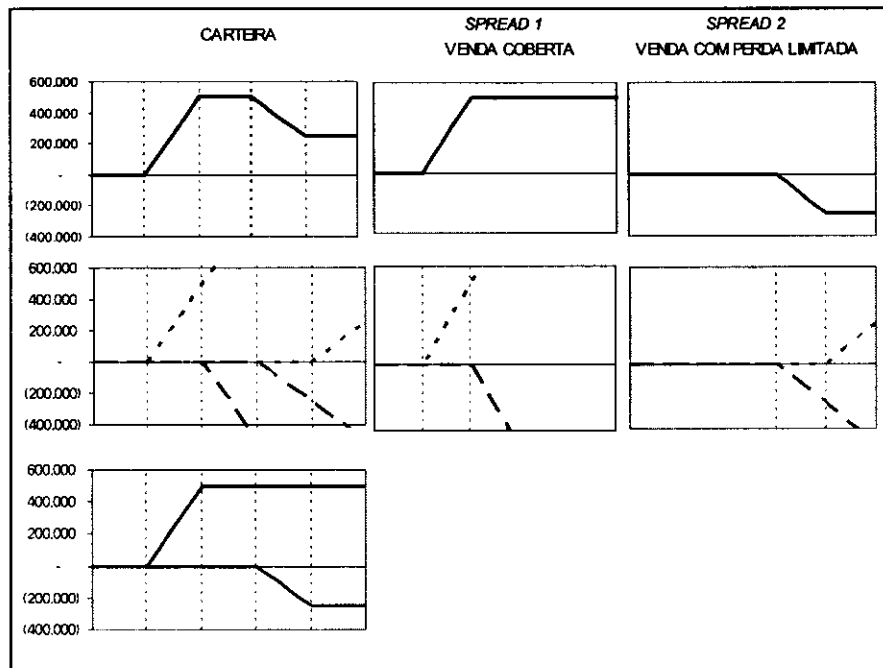
**Tabela 4.9 – Cálculo do Acréscimo de Margem Mínima**

Opções de Compra					
Compras		Vendas		Preço	Acréscimo Margem Mínima
Preço de Exercício	Quantidade	Preço de Exercício	Quantidade		
3.500,00	200	3.550,00	200	0,04	0,00
3.650,00	100	3.600,00	100	0,01	0,00



O valor da margem requerida é dado pela soma do CLC da carteira no pior cenário de estresse com o acréscimo de margem mínima associado às opções de compra vendidas, ou seja, R\$0,00. A Figura 4.2 apresenta os diagramas de *payoff* da carteira de opções de compra e de sua decomposição em duas estratégias de *spread*. As linhas pontilhadas representam os diagramas de *payoff* de cada opção tomada individualmente.

**Figura 4.2 – Diagramas de *Payoff* da Carteira de Opções: Exemplo 2**



O valor da margem mínima associado à posição vendida de menor preço de exercício (3.550 R\$/1.000 USD), caso esta fosse considerada de forma isolada, seria dado por:

$$S \times FM_w \times TC \times M \times \text{Abs}(Q_w) \tag{4.12}$$

$$2.564,50 \times 3\% \times 1 \times 50 \times \text{Abs}(200) = 769.350,00$$

Esse valor, todavia, é igual a zero, uma vez que essa posição se encontra coberta por posição comprada de preço de exercício inferior (3.500 R\$/1.000 USD). De fato, a compra de 200 opções de compra com preço de exercício igual a 3.500 R\$/1.000 USD conjugada com a venda de 200 opções de compra com preço de exercício igual a 3.550 R\$/1.000 USD determina operação de compra de *spread* (venda coberta), cujo resultado máximo no vencimento é igual a:

$$(KV - KC) \times Q \times M \times TC \tag{4.13}$$

$$(3.550,00 - 3.500,00) \times 200 \times 50 \times 1 = 500.000,00$$



Esse valor é acrescido ao financeiro disponível para dedução de perdas (*FAC*), cujo valor inicial é igual a zero.

O valor da margem mínima associada à posição vendida de maior preço de exercício (3.600 R\$/1.000 USD), também se tomada de forma isolada, seria dado por:

$$S \times FM_w \times TC \times M \times Abs(Q_w) \quad (4.14)$$
$$2.564,50 \times 3\% \times 1 \times 50 \times Abs(100) = 384.675,00$$

No entanto, a perda nessa opção é limitada pela posição comprada na opção de compra com preço de exercício igual a 3.650,00 R\$/1.000 USD, isto é, trata-se de operação de venda de *spread*. O valor dessa perda máxima é dado por:

$$(KC - KV) \times Q \times M \times TC \quad (4.15)$$
$$(3.650,00 - 3.600,00) \times 100 \times 50 \times 1 = 250.000,00$$

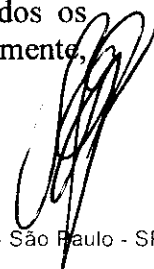
Essa perda pode ser coberta com parte do resultado associado à operação de compra de *spread* de preço de exercício inferior, conforme descrito no passo 4 do algoritmo de determinação de margem mínima. O valor da margem mínima associado à venda de 100 opções de compra de preço de exercício igual a 3.600 R\$/1.000 USD é também igual a zero. Assim, o valor da margem mínima da carteira de opções, dado pela soma das margens mínimas associadas a cada posição lançadora, é também igual a zero. Esse resultado, vale notar, é consistente com o perfil de risco dessa carteira. De fato, analisando-se o diagrama de *payoff* da carteira mostrado na parte superior esquerda da Figura 4.2 é fácil perceber que a carteira considerada nunca apresenta resultado negativo, qualquer que seja o cenário considerado para seu ativo-objeto.

#### 4.4 Opções de Curtíssimo Prazo

Existe, no SRL, procedimento específico para o tratamento de posições de curtíssimo prazo, denominado subcarteira 2. Este permite determinar se essas posições reduzem o risco global de uma carteira e qual a nova estimativa de risco se essas posições forem desconsideradas. Assim, esse procedimento permite adiantar o eventual aumento de margem se as posições de curtíssimo prazo não forem renovadas (procedimento de “rolagem”). No caso do modelo de *full valuation* para opções padronizadas, em que não se admite a compensação entre diferentes vencimentos, esse procedimento não se faz necessário. De fato, como há soma de risco entre as diferentes maturidades, o vencimento de uma posição sempre implicará diminuição da margem requerida.

### 5. Considerações Finais

Este documento traz o novo modelo de *full valuation* para a determinação dos valores de margem de garantia para opções padronizadas sobre disponível e futuro no Sistema de Risco Para Ativos Líquidos (SRL). O modelo considera, de forma conjunta, todos os fatores de risco associados a essa classe de contratos reconhecendo, automaticamente, eventuais posições opostas dentro de vencimentos comuns.





## Anexo 1 Exemplos Numéricos

### 1. Operação de Renda Fixa (Box)

Neste exemplo, apresenta-se uma operação de renda fixa (Box) utilizando opções sobre ouro a vista. Para facilitar a leitura, exibem-se apenas os resultados parciais para o pior cenário de taxa de juro.

Carteira							
Opção	Tipo	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
OZ1-ST01	C	30,00	106	153	2.043,99	(200)	408.798,00
OZ1-ST02	C	50,00	106	153	0,20	200	(40,00)
OZ1-ST26	P	30,00	106	153	0,13	200	(26,00)
OZ1-ST27	P	50,00	106	153	2.593,77	(200)	518.754,00
<b>CLC da Carteira</b>							<b>927.486,00</b>

(\*) C: opções de compra (calls), P: opções de venda (puts)

Cenários [S; σ]				
Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
M / 36,00	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
M / 36,00	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
M / 36,00	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+1 / 37,08	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
+1 / 37,08	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+1 / 37,08	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+2 / 38,34	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+2 / 38,34	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+2 / 38,34	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
+3 / 39,60	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
+3 / 39,60	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
+3 / 39,60	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
-1 / 34,92	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
-1 / 34,92	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.466,00)	(8.980,00)
-1 / 34,92	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
-2 / 33,66	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
-2 / 33,66	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.466,00)	(8.980,00)
-2 / 33,66	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
-3 / 32,40	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
-3 / 32,40	+1 / 15,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)
-3 / 32,40	-1 / 10,00%	-2 / 16,89%	(936.468,00)	(8.982,00)

Pior Cenário				
Cenário S	Cenário σ	Cenário r	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
+1 / 37,08	M / 12,50%	-2 / 16,89%	(936.470,00)	(8.984,00)
			<b>Margem</b>	<b>936.470,00</b>

Esse exemplo comprova que o modelo de *full valuation* trata de forma adequada as operações de renda fixa (Box). De fato, o valor da operação de financiamento é de R\$1.000.000,00 e seu CLC reflete exatamente o valor presente da operação, isto é,  $1.000.000 / (1 + 0,195977)^{106/252}$ . O valor da margem, por sua vez, equivale à mesma

operação avaliada no pior cenário de taxa de juro, isto é,  $1.000.000 / (1 + 0,168882)^{106/252}$ .

## 2. Operação de Volatilidade (*Butterfly*)

Neste exemplo, mostra-se uma operação de volatilidade (*Butterfly*) utilizando opções dólar a vista. Para facilitar a leitura, apresentam-se apenas os resultados parciais para o pior cenário de taxa de juro, interna e externa.

Carteira							
Opção	Tipo*	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
DOL-JA01	C	2.900,00	177	257	3.958,14	(100)	395.814,00
DOL-JA26	P	2.900,00	177	257	6.868,37	(100)	686.837,00
DOL-JA03	C	3.100,00	177	257	1.489,48	100	(148.948,00)
DOL-JA32	P	2.700,00	177	257	2.679,03	100	(267.903,00)
CLC da Carteira							665.800,00

(\*): C: opções de compra (*calls*), P: opções de venda (*puts*)

Cenários [S; $\sigma$ ]					
Cenário S	Cenário $\sigma$	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
M / 2,56	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(730.078,00)	(64.278,00)
M / 2,56	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(745.352,00)	(79.552,00)
M / 2,56	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(717.668,00)	(51.868,00)
+1 / 2,64	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(697.840,00)	(32.040,00)
+1 / 2,64	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(724.356,00)	(58.556,00)
+1 / 2,64	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(664.921,00)	879,00
+2 / 2,72	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(676.825,00)	(11.025,00)
+2 / 2,72	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(710.829,00)	(45.029,00)
+2 / 2,72	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(629.136,00)	36.664,00
+3 / 2,80	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(670.110,00)	(4.310,00)
+3 / 2,80	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(706.046,00)	(40.246,00)
+3 / 2,80	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(618.717,00)	47.083,00
-1 / 2,49	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(768.315,00)	(102.515,00)
-1 / 2,49	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(771.478,00)	(105.678,00)
-1 / 2,49	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(774.786,00)	(108.986,00)
-2 / 2,41	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(806.555,00)	(140.755,00)
-2 / 2,41	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(799.701,00)	(133.901,00)
-2 / 2,41	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(824.573,00)	(158.773,00)
-3 / 2,33	M / 12,50%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(839.573,00)	(173.773,00)
-3 / 2,33	+1 / 15,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(826.796,00)	(160.996,00)
-3 / 2,33	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(860.271,00)	(194.471,00)

Pior Cenário					
Cenário S	Cenário $\sigma$	Cenário r	Cenário rc	Financeiro Consolidado	Varição Consolidada
-3 / 2,33	-1 / 10,00%	-2 / 16,57%	+4 / 9,61%	(860.271,00)	(194.471,00)
Margem				860.271,00	

Nesse exemplo, é importante observar que o risco de taxa de juro corresponde a 33% da variação estimada.

## 3. Operação de *Spread* Utilizando Opções de Taxa de juro

Neste exemplo, demonstra-se uma operação de *spread* utilizando opções sobre o contrato futuro de DI do tipo 1. Exibem-se apresentados, sem prejuízo de leitura, todos os cenários conjugados para de taxa de juro e sua volatilidade.





100/2005-DG

.xxvii.

Carteira							
Opção	Tipo	Preço de Exercício	Dias Úteis	Dias Corridos	Preço	Quantidade	CLC
DIT1-IL70	C	18,00%	50	72	333,85	-100	33.385,00
DIT1-JL73	C	19,00%	50	72	155,96	100	(15.596,00)

(\*) C: opções de compra (calls), P: opções de venda (puts)

CLC da Carteira 17.789,00

Cenários [S; σ]			
Cenário S	Cenário σ	Financeiro Consolidado	Variação Consolidada
M / 19,54	M / 10,00%	(17.789,00)	
M / 19,54	+1 / 12,00%	(16.953,00)	836,00
M / 19,54	-1 / 8,00%	(18.677,00)	(888,00)
+1 / 17,20	M / 10,00%	(3.373,00)	14.416,00
+1 / 17,20	+1 / 12,00%	(4.133,00)	13.656,00
+1 / 17,20	-1 / 8,00%	(2.460,00)	15.329,00
+2 / 22,64	M / 10,00%	(20.007,00)	(2.218,00)
+2 / 22,64	+1 / 12,00%	(20.005,00)	(2.216,00)
+2 / 22,64	-1 / 8,00%	(20.008,00)	(2.219,00)
+3 / 18,71	M / 10,00%	(20.129,00)	(2.340,00)
+3 / 18,71	+1 / 12,00%	(20.089,00)	(2.300,00)
+3 / 18,71	-1 / 8,00%	(20.137,00)	(2.348,00)
+4 / 19,38	M / 10,00%	(18.478,00)	(689,00)
+4 / 19,38	+1 / 12,00%	(17.697,00)	92,00
+4 / 19,38	-1 / 8,00%	(19.233,00)	(1.444,00)
-1 / 22,39	M / 10,00%	(20.013,00)	(2.224,00)
-1 / 22,39	+1 / 12,00%	(19.993,00)	(2.204,00)
-1 / 22,39	-1 / 8,00%	(20.016,00)	(2.227,00)
-2 / 16,94	M / 10,00%	(546,00)	17.243,00
-2 / 16,94	+1 / 12,00%	(1.028,00)	16.761,00
-2 / 16,94	-1 / 8,00%	(195,00)	17.594,00
-3 / 20,71	M / 10,00%	(3.199,00)	14.590,00
-3 / 20,71	+1 / 12,00%	(3.961,00)	13.828,00
-3 / 20,71	-1 / 8,00%	(2.295,00)	15.494,00

Pior Cenário			
Cenário S	Cenário σ	Financeiro Consolidado	Variação Consolidada
+3 / 18,71	-1 / 8,00%	(20.137,00)	(2.348,00)

Margem 20.137,00

Outro aspecto que vale ser ressaltado é que o pior cenário de estresse não é um cenário trivial, isto é, não se trata de cenário de deslocamento paralelo na curva de juros, o que ressalta a importância da utilização de todos os cenários definidos pela BM&F.

## Anexo 2 Modelos de Apreçamento

### 1. Modelo de Black–Scholes

O modelo de Black–Scholes é empregado no apreçamento de opções sobre ativos a vista. As subseções a seguir descrevem, respectivamente, o modelo de apreçamento e seu funcionamento quando da avaliação de cenários de estresse.

#### 1.1 Modelo de Apreçamento

O modelo de Black–Scholes para apreçamento de opções possui a seguinte formulação:

$$\begin{aligned}
 P_{BS,0} &= f_{BS,0}(S_0; K; r_0; \sigma_0; T) \\
 P_{BS(Call),0} &= S_0 \times N(d_1) + K \times e^{-r_0 \times T} \times N(d_2) \\
 P_{BS(Put),0} &= K \times e^{-r_0 \times T} \times N(-d_2) - S_0 \times N(-d_1) \\
 d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r_0 - \frac{\sigma_0^2}{2}\right) \times T}{\sigma_0 \times \sqrt{T}} \\
 d_2 &= d_1 - \sigma_0 \times \sqrt{T}
 \end{aligned}$$

onde:

$P_{BS(Call),0}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> );
$P_{BS(Put),0}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> );
$S_0$	=	preço de mercado do ativo-objeto da opção;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$r_0$	=	taxa livre de risco de mercado, ao ano e com capitalização contínua;
$\sigma_0$	=	volatilidade de mercado do ativo-objeto, ao ano;
$T$	=	tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
$N(.)$	=	função densidade de probabilidade acumulada (normal).

#### 1.2 Avaliação do Preço de Uma Opção Considerando Cenários de Estresse

Considerando-se um conjunto de cenários de estresse para cada um dos fatores de risco relevantes do modelo de Black–Scholes, tem-se:

$$\begin{aligned}
 P_{BS,c} &= f_{BS,c}(S_c; K; r_c; \sigma_c; T) \\
 P_{BS(Call),c} &= S_c \times N(d_1) + K \times e^{-r_c \times T} \times N(d_2) \\
 P_{BS(Put),c} &= K \times e^{-r_c \times T} \times N(-d_2) - S_c \times N(-d_1) \\
 d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S_c}{K}\right) + \left(r_c - \frac{\sigma_c^2}{2}\right) \times T}{\sigma_c \times \sqrt{T}}
 \end{aligned}$$



$$d_2 = d_1 - \sigma_c \times \sqrt{T}$$

onde:

$P_{BS(Call),c}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> ) no cenário de estresse;
$P_{BS(Put),c}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> ) no cenário de estresse;
$S_c$	=	preço do ativo-objeto da opção no cenário de estresse;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$r_c$	=	taxa livre de risco no cenário de estresse, ao ano e com capitalização contínua;
$\sigma_c$	=	volatilidade do ativo-objeto no cenário de estresse, ao ano;
$T$	=	tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
$N(.)$	=	função densidade de probabilidade acumulada (normal).

## 2. Modelo de Black para Opções sobre Contratos Futuros

O modelo de Black é empregado no apreamento de opções sobre futuros. As subseções a seguir descrevem, respectivamente, o modelo de apreamento e seu funcionamento quando da avaliação de cenários de estresse.

### 2.1 Modelo de Apreamento

O modelo de Black para apreamento de opções sobre contratos futuros possui a seguinte formulação:

$$P_{Black,0} = f_{Black,0}(F_0; K; r_0; \sigma_0; T)$$

$$P_{Black(Call),0} = e^{-r_0 \times T} \times (F_0 \times N(d_1) + K \times N(d_2))$$

$$P_{Black(Put),0} = e^{-r_0 \times T} \times (K \times N(-d_2) - F_0 \times N(-d_1))$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_0}{K}\right) + \left(\frac{\sigma_0^2}{2}\right) \times T}{\sigma_0 \times \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_0 \times \sqrt{T}$$

onde:

$P_{Black(Call),0}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> );
$P_{Black(Put),0}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> );
$F_0$	=	preço de mercado do contrato futuro, objeto da opção;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$r_0$	=	taxa livre de risco de mercado, ao ano e com capitalização contínua;
$\sigma_0$	=	volatilidade de mercado do contrato futuro, objeto da opção, ao ano;
$T$	=	tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
$N(.)$	=	função densidade de probabilidade acumulada (normal).



## 2.2 Avaliação do Preço de Uma Opção Considerando Cenários de Estresse para o Ativo-Objeto do Contrato Futuro<sup>4</sup>

Considerando-se um conjunto de cenários de estresse para cada um dos fatores de risco relevantes do modelo de Black e do contrato que é objeto da opção, tem-se:

$$P_{Black,c} = f_{Black,c}(F_0; K; S_0; S_c; r_0; r_c; rc_0; rc_c; \sigma_c; T)$$

$$F_c = F_0 \times \left( \frac{S_c}{S_0} \right) \times e^{(r_c - r_0) \times T} \times e^{(rc_0 - rc_c) \times T}$$

$$P_{Black(Call),c} = e^{-r_c \times T} \times (F_c \times N(d_1) + K \times N(d_2))$$

$$P_{Black(Put),c} = e^{-r_c \times T} \times (K \times N(-d_2) - F_c \times N(-d_1))$$

onde:

$P_{Black(Call),c}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> ) no cenário de estresse;
$P_{Black(Put),c}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> ) no cenário de estresse;
$F_0$	=	preço do contrato futuro, objeto da opção, no cenário de mercado;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$S_0$	=	preço de mercado do ativo-objeto do contrato futuro, objeto da opção;
$S_c$	=	preço no cenário de estresse do ativo-objeto do contrato futuro, objeto da opção;
$r_0$	=	taxa livre de risco de mercado, ao ano e com capitalização contínua;
$r_c$	=	taxa livre de risco no cenário de estresse, ao ano e com capitalização contínua;
$rc_0$	=	custo de carregamento de mercado do contrato futuro, objeto da opção, ao ano e com capitalização contínua;
$rc_c$	=	custo de carregamento no cenário de estresse do contrato futuro, da opção, ao ano e com capitalização contínua;
$\sigma_c$	=	volatilidade do contrato futuro, objeto da opção, no cenário de estresse, ao ano;
$T$	=	tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
$N(.)$	=	função densidade de probabilidade acumulada (normal).

## 2.3 Avaliação do Preço de Uma Opção Considerando Cenários de Estresse para a Curva de Preços Futuros<sup>5</sup>

Considerando-se um conjunto de cenários de estresse para cada um dos fatores de risco relevantes do modelo de Black, tem-se:

<sup>4</sup> Essa variante do modelo de Black deve ser utilizada sempre que o risco do contrato futuro, objeto da opção, for representado pela decomposição desse contrato em outros fatores de risco (futuros financeiros).

<sup>5</sup> Essa variante do modelo de Black deve ser utilizada sempre que o risco do contrato futuro, objeto da opção, for representado por uma curva de preços futuros (futuros agropecuários).



$$P_{Black,c} = f_{Black,c}(F_c; K; r_c; \sigma_c; T)$$

$$P_{Black(Call),c} = e^{-r_c \times T} \times (F_c \times N(d_1) + K \times N(d_2))$$

$$P_{Black(Put),c} = e^{-r_c \times T} \times (K \times N(-d_2) - F_c \times N(-d_1))$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_c}{K}\right) + \left(\frac{\sigma_c^2}{2}\right) \times T}{\sigma_c \times \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_c \times \sqrt{T}$$

onde:

- $P_{Black(Call),c}$  = preço da opção de compra (*call*) no cenário de estresse;
- $P_{Black(Put),c}$  = preço da opção de venda (*put*) no cenário de estresse;
- $F_c$  = preço do contrato futuro, objeto da opção, no cenário de estresse;
- $K$  = preço de exercício da opção;
- $r_c$  = taxa livre de risco no cenário de estresse, ao ano e com capitalização contínua;
- $\sigma_c$  = volatilidade do contrato futuro, objeto da opção, no cenário de estresse, ao ano;
- $T$  = tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
- $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal).

### 3. Modelo de Black Modificado para Opções sobre Contratos Futuros de DI

O modelo de Black modificado é empregado no apreçamento de opções sobre os contratos futuros de DI. As subseções a seguir descrevem, respectivamente, o modelo de apreçamento e seu funcionamento quando da avaliação de cenários de estresse.

#### 3.1 Modelo de Apreçamento

O modelo de Black modificado para apreçamento de opções sobre contratos futuros de DI possui a seguinte formulação:

$$P_{BlackDI,0} = f_{BlackDI,0}(PU_{Curto,0}; PU_{Longo,0}; K; \sigma_0; T_{Curto,DU}; T_{Curto,DC}; T_{Longo,DU}; T_{Longo,DC})$$

$$K^* = \left( (1 + K)^{(T_{Longo,DU} - T_{Curto,DU})} - 1 \right) \times \frac{1}{(T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}$$

$$S_0^* = \left( \frac{PU_{Curto,0}}{PU_{Longo,0}} - 1 \right) \times \frac{1}{(T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}$$

$$\delta_0 = \frac{PU_{Longo,0} \times (T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}{(1 + K^* \times (T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC}))}$$

$$P_{BlackDI(Call),0} = \delta_0 \times (S_0^* \times N(d_1) + K^* \times N(d_2))$$



$$P_{BlackDI(Put),0} = \delta_0 \times (K^* \times N(-d_2) - S_0^* \times N(-d_1))$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0^*}{K^*}\right) + \left(\frac{\sigma_0^2}{2}\right) \times T_{Curto,DC}}{\sigma_0 \times \sqrt{T_{Curto,DC}}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_0 \times \sqrt{T_{Curto,DC}}$$

onde:

- $P_{BlackDI(Call),0}$  = preço da opção de compra (*call*);
- $P_{BlackDI(Put),0}$  = preço da opção de venda (*put*);
- $PU_{Curto,0}$  = preço de mercado (PU) do contrato futuro de DI com data de vencimento igual à data de vencimento da opção;
- $PU_{Longo,0}$  = preço de mercado (PU) do contrato futuro de DI, objeto da opção;
- $K$  = preço de exercício da opção (*taxa forward*, base DU/252);
- $\sigma_0$  = volatilidade de mercado da taxa *forward*, objeto da opção, ao ano;
- $T_{Curto,DU}$  = tempo para o vencimento da opção, em anos (base DU/252);
- $T_{Curto,DC}$  = tempo para o vencimento da opção, em anos (base DC/365);
- $T_{Longo,DU}$  = tempo o vencimento do contrato futuro, objeto da opção, em anos (base DU/252);
- $T_{Longo,DC}$  = tempo para o vencimento do contrato futuro, objeto da opção, em anos (base DC/365);
- $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal).

### 3.2 Avaliação do Preço de Uma Opção Considerando-se Cenários de Estresse

Considerando-se um conjunto de cenários de estresse para cada um dos fatores de risco relevantes do modelo de Black modificado para a opção sobre o contrato futuro de DI, tem-se:

$$P_{BlackDI,c} = f_{BlackDI,c} \left( \begin{matrix} PU_{Curto,0}; PU_{Longo,0}; r_{Curto,0}; r_{Curto,c}; r_{Longo,0}; r_{Longo,c} \\ K; \sigma_c; T_{Curto,DU}; T_{Curto,DC}; T_{Longo,DU}; T_{Longo,DC} \end{matrix} \right)$$

$$K^* = \left( (1+K)^{(T_{Longo,DU}-T_{Curto,DU})} - 1 \right) \times \frac{1}{(T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}$$

$$S_c^* = \left( \frac{PU_{Curto,0} \times e^{(r_{Curto,0}-r_{Curto,c}) \times T_{Curto,DU}}}{PU_{Longo,0} \times e^{(r_{Longo,0}-r_{Longo,c}) \times T_{Longo,DU}}} - 1 \right) \times \frac{1}{(T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}$$

$$\delta_c = \frac{PU_{Longo,c} \times (T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC})}{(1+K^* \times (T_{Longo,DC} - T_{Curto,DC}))}$$

$$P_{BlackDI(Call),c} = \delta_c \times (S_c^* \times N(d_1) + K^* \times N(d_2))$$

$$P_{BlackDI(Put),c} = \delta_c \times (K^* \times N(-d_2) - S_c^* \times N(-d_1))$$



$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_c^*}{K^*}\right) + \left(\frac{\sigma_c^2}{2}\right) \times T_{Curto,DC}}{\sigma_c \times \sqrt{T_{Curto,DC}}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_c \times \sqrt{T_{Curto,DC}}$$

onde:

- $P_{BlackDI(Call),c}$  = preço da opção de compra (*call*) no cenário de estresse;
- $P_{BlackDI(Put),c}$  = preço da opção de venda (*put*) no cenário de estresse;
- $PU_{Curto,0}$  = preço de mercado (PU) do contrato futuro de DI com data de vencimento igual à data de vencimento da opção;
- $PU_{Longo,0}$  = preço de mercado (PU) do contrato futuro de DI, objeto da opção;
- $r_{Curto,0}$  = taxa de juro pré-fixada de mercado para o prazo referente ao vencimento da opção, ao ano e com capitalização contínua;
- $r_{Curto,c}$  = taxa de juro pré-fixada no cenário de estresse para o prazo referente ao vencimento da opção, ao ano e com capitalização contínua;
- $r_{Longo,0}$  = taxa de juro pré-fixada de mercado para o prazo referente ao vencimento do contrato futuro, objeto da opção, ao ano e com capitalização contínua;
- $r_{Longo,c}$  = taxa de juro pré-fixada no cenário de estresse para o prazo referente ao vencimento do contrato futuro, objeto da opção, ao ano e com capitalização contínua;
- $K$  = preço de exercício da opção (*taxa forward*, base DU/252);
- $\sigma_c$  = volatilidade da taxa *forward*, objeto da opção, no cenário de estresse, ao ano;
- $T_{Curto,DU}$  = tempo para o vencimento da opção, em anos (base DU/252);
- $T_{Curto,DC}$  = tempo para o vencimento da opção, em anos (base DC/365);
- $T_{Longo,DU}$  = tempo para o vencimento do contrato futuro, objeto da opção, em anos (base DU/252);
- $T_{Longo,DC}$  = tempo para o vencimento do contrato futuro, objeto da opção, em anos (base DC/365);
- $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal).

#### 4. Modelo de Garman–Kohlhagen

O modelo de Garman–Kohlhagen é empregado no apreçamento de opções sobre taxas de câmbio. As subseções a seguir descrevem, respectivamente, o modelo de apreçamento e o seu funcionamento quando da avaliação de cenários de estresse.

##### 4.1 Modelo de Apreçamento

O modelo de Garman–Kohlhagen para apreçamento de opções possui a seguinte formulação:

$$P_{GK,0} = f_{GK,0}(S_0; K; r_0; r_{c0}; \sigma_0; T)$$



$$P_{GK(Call),0} = e^{-rc_0 \times T} \times S_0 \times N(d_1) + K \times e^{-r_0 \times T} \times N(d_2)$$

$$P_{GK(Put),0} = K \times e^{-r_0 \times T} \times N(-d_2) - e^{-rc_0 \times T} \times S_0 \times N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r_0 - rc_0 - \frac{\sigma_0^2}{2}\right) \times T}{\sigma_0 \times \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_0 \times \sqrt{T}$$

onde:

$P_{GK(Call),0}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> );
$P_{GK(Put),0}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> );
$S_0$	=	preço de mercado do ativo-objeto da opção;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$r_0$	=	taxa de juro interna livre de risco de mercado, ao ano e com capitalização contínua;
$rc_0$	=	taxa de juro externa livre de risco de mercado, ao ano e com capitalização contínua;
$\sigma_0$	=	volatilidade de mercado do ativo-objeto, ao ano;
$T$	=	tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
$N(.)$	=	função densidade de probabilidade acumulada (normal).

#### 4.2 Avaliação do Preço de Uma Opção Considerando Cenários de Estresse

Considerando-se um conjunto de cenários de estresse para cada um dos fatores de risco relevantes do modelo de Garman-Kohlhagen, tem-se:

$$P_{GK,c} = f_{GK,c}(S_c; K; r_c; rc_c; \sigma_c; T)$$

$$P_{GK(Call),c} = e^{-rc_c \times T} \times S_c \times N(d_1) + K \times e^{-r_c \times T} \times N(d_2)$$

$$P_{GK(Put),c} = K \times e^{-r_c \times T} \times N(-d_2) - e^{-rc_c \times T} \times S_c \times N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_c}{K}\right) + \left(r_c - rc_c - \frac{\sigma_c^2}{2}\right) \times T}{\sigma_c \times \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_c \times \sqrt{T}$$

onde:

$P_{GK(Call),c}$	=	preço da opção de compra ( <i>call</i> ) no cenário de estresse;
$P_{GK(Put),c}$	=	preço da opção de venda ( <i>put</i> ) no cenário de estresse;
$S_c$	=	preço do ativo-objeto da opção no cenário de estresse;
$K$	=	preço de exercício da opção;
$r_c$	=	taxa de juro interna livre de risco no cenário de estresse, ao ano e com capitalização contínua;





100/2005-DG

.XXXV.

- $r_c$  = taxa de juro externa livre de risco no cenário de estresse, ao ano e com capitalização contínua;
- $\sigma_c$  = volatilidade do ativo-objeto no cenário de estresse, ao ano;
- $T$  = tempo para o vencimento, em anos (base DU/252);
- $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal).

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long vertical stroke at the end.

### Anexo 3

## Interpolação e Conversão de Taxas e Preços

### 1. Interpolação de Taxas e Preços

Os modelos de apreçamento de opções apresentados no Anexo 2 utilizam um conjunto de taxas e preços que nem sempre possuem representação nos cenários de mercado e de estresse definidos no SRL. De fato, o SRL trabalha com o conceito de vértices fixos sendo necessária, portanto, a interpolação de taxas e preços cujos vencimentos não coincidem com esses vértices. As subseções a seguir trazem os procedimentos para interpolação de taxas expressas em 252 dias úteis, taxas expressas em 360 dias corridos e preços futuros.

#### 1.1 Interpolação de Taxas Expressas em 252 Dias Úteis

A interpolação de taxas expressas em 252 dias úteis (capitalização composta) é dada pela fórmula:

$$r = \left[ (1+r_j)^{du_j/252} \times \left( \frac{(1+r_{j+1})^{du_{j+1}/252}}{(1+r_j)^{du_j/252}} \right)^{\left( \frac{du-du_j}{du_{j+1}-du_j} \right)} - 1 \right]$$

$du_j < du < du_{j+1}$

onde:

- $r$  = taxa interpolada;
- $du$  = prazo, em dias úteis, de  $r$ ;
- $r_j$  = taxa correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $r$ ;
- $du_j$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $r$ ;
- $r_{j+1}$  = taxa correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $r$ ;
- $du_{j+1}$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $r$ .

#### 1.2 Interpolação de Taxas Expressas em 360 Dias Corridos

A interpolação de taxas expressas em 360 dias corridos (capitalização simples) é dada pela fórmula:



$$r = \left[ \left( 1 + r_j \times \frac{dc_j}{360} \right) \times \left( \frac{\left( 1 + r_{j+1} \times \frac{dc_{j+1}}{360} \right)^{\left( \frac{du - du_j}{du_{j+1} - du_j} \right)}}{\left( 1 + r_j \times \frac{dc_j}{360} \right)} \right) - 1 \right]$$

$$dc_j < dc < dc_{j+1}$$

onde:

- $r$  = taxa interpolada;
- $dc$  = prazo, em dias corridos, de  $r$ ;
- $r_j$  = taxa correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $r$ ;
- $dc_j$  = prazo, em dias corridos, correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $r$ ;
- $r_{j+1}$  = taxa correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $r$ ;
- $dc_{j+1}$  = prazo, em dias corridos, correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $r$ ;
- $du_j$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $r$ ;
- $du_{j+1}$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $r$ .

### 1.3 Interpolação de Preços Futuros

A interpolação de preços futuros, utilizada quando se define um fator de risco do tipo curva de preços futuros, é dada pela fórmula:

$$F = F_j \times \left( \frac{F_{j+1}}{F_j} \right)^{\frac{du - du_j}{du_{j+1} - du_j}}$$

$$du_j < du < du_{j+1}$$

onde:

- $F$  = preço futuro interpolado;
- $du$  = prazo, em dias úteis, de  $F$ ;
- $F_j$  = preço futuro correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $F$ ;
- $du_j$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente anterior a  $F$ ;
- $F_{j+1}$  = preço futuro correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $F$ ;
- $du_{j+1}$  = prazo, em dias úteis, correspondente ao vértice fixo imediatamente posterior a  $F$ .



## 2. Conversão de Taxas

Nesta seção, são apresentadas as fórmulas para a conversão de taxas expressas em 252 dias úteis (capitalização composta) e em 360 dias corridos (capitalização simples) para taxas continuamente compostas. Conforme o Anexo 2, esta é a representação comumente empregada pelos modelos de apreçamento de opções.

### 2.1 Conversão de Taxas Expressas em 252 Dias Úteis para Taxas Continuamente Compostas

A conversão de taxas expressas em 252 dias úteis (capitalização composta) para taxas continuamente compostas é dada pela fórmula:

$$r_{cc} = \ln(1+r)$$

Na fórmula acima,  $r$  corresponde à taxa de juro expressa em 252 dias úteis e  $r_{cc}$  à taxa equivalente continuamente composta.

### 2.2 Conversão de Taxas Expressas em 360 Dias Corridos para Taxas Continuamente Compostas

A conversão de taxas expressas em 360 dias corridos (capitalização simples) para taxas continuamente compostas é dada pela fórmula:

$$r_{cc} = \frac{360}{dc} \times \ln\left(1 + r \times \frac{dc}{360}\right)$$

Na fórmula acima,  $r$  corresponde à taxa de juro expressa em 360 dias corridos,  $dc$  ao prazo em dias corridos e  $r_{cc}$  à taxa equivalente continuamente composta.



## Anexo 4

Tratamento das Opções Padronizadas pelo Modelo de *Full Valuation*

## 1. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre Taxa de Câmbio de Reais por Dólar Comercial

Modelo	4 – Garman–Kohlhagen	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	DÓLAR	
$r_c$	PRÉ	
$rc_c$	CUPOM	
$\sigma_c$	VLDOS	

## 2. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Taxa de Câmbio de Reais por Dólar Comercial

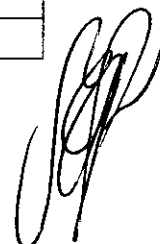
Modelo	2 – Black (estresse no ativo-objeto)	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	DÓLAR	
$r_c$	PRÉ	
$rc_c$	CUPOM	
$\sigma_c$	VLDOF	

## 3. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Ibovespa

Modelo	2 – Black (estresse no ativo-objeto)	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	IBVSP	
$r_c$	PRÉ	
$rc_c$	---	
$\sigma_c$	VLINA	

## 4. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre Futuro de Ibovespa

Modelo	4 – Black (estresse no ativo-objeto)	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	IBVSP	
$r_c$	PRÉ	
$rc_c$	---	
$\sigma_c$	VLINE	



**5. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu<sup>6</sup> sobre Disponível Padrão de Ouro**

Modelo	1 – Black–Scholes	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	OURO	
$r_c$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLOUR	

**6. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre Futuro de DI Tipo 1**

Modelo	3 – Black Modificado para Futuro de DI	
Parâmetro	FPR	
$r_{curto,c}$	PRÉ	
$r_{longo,c}$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLDI1	

**7. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre Futuro de DI Tipo 2**

Modelo	3 – Black Modificado para Futuro de DI	
Parâmetro	FPR	
$r_{curto,c}$	PRÉ	
$r_{longo,c}$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLDI2	

**8. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre Futuro de DI Tipo 3**

Modelo	3 – Black Modificado para Futuro DI	
Parâmetro	FPR	
$r_{curto,c}$	PRÉ	
$r_{longo,c}$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLDI3	

**9. Opções de Compra e de Venda do Tipo Europeu sobre o Índice IDI**

Modelo	1 – Black–Scholes	
Parâmetro	FPR	
$S_c$	IDI	
$r_c$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLIDI	



<sup>6</sup> De acordo com o Ofício Circular 156/2004-DG, de 20/12/2004, somente serão autorizadas séries do tipo europeu para o vencimento outubro/2005 em diante.

**10. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Açúcar**

Modelo	3 – Black (estresse na curva de futuros)	
Parâmetro	FPR	
$F_c$	CFA	
$r_c$	CUPOM	
$\sigma_c$	VLISU	

**11. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Bezerro**

Modelo	3 – Black (estresse na curva de futuros)	
Parâmetro	FPR	
$F_c$	CFE	
$r_c$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLBZE	

**12. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Boi Gordo**

Modelo	3 – Black (estresse na curva de futuros)	
Parâmetro	FPR	
$F_c$	CFB	
$r_c$	PRÉ	
$\sigma_c$	VLBGI	

**13. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Café Arábica**

Modelo	3 – Black (estresse na curva de futuros)	
Parâmetro	FPR	
$F_c$	CFC	
$r_c$	CUPOM	
$\sigma_c$	VLICF	

**14. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Café Conillon**

Modelo	3 – Black (estresse na curva de futuros)	
Parâmetro	FPR	
$F_c$	CFN	
$r_c$	CUPOM	
$\sigma_c$	VLCNL	





B R A S I L

100/2005-DG

.xlii.

**15. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Álcool Anidro**

<b>Modelo</b>	<b>3 – Black (estresse na curva de futuros)</b>
<b>Parâmetro</b>	<b>FPR</b>
$F_c$	$CFL$
$r_c$	$PRÉ$
$\sigma_c$	$VLALA$

**16. Opções de Compra e de Venda do Tipo Americano sobre Futuro de Milho**

<b>Modelo</b>	<b>3 – Black (estresse na curva de futuros)</b>
<b>Parâmetro</b>	<b>FPR</b>
$F_c$	$CFM$
$r_c$	$PRÉ$
$\sigma_c$	$VLCNI$