

# Calculadora de Túneis Assíncronos.

ALUNO: Lucas Rangel Gazire  
Graduando em Matemática Aplicada

IMECC-UNICAMP

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

### Introdução

O mercado financeiro, hoje, possui a necessidade de ferramentas de alto desempenho para cálculos, troca de mensagens entre a bolsa e as corretoras e divulgação de informações para o mercado com a mínimo de latência e margem infima de erros.

A definição de um algoritmo e modelo matemático para resolver tais problemas é a grande dificuldade, o paradigma usado é a Orientação a objeto mesclado com programação linear e não linear.

O problema consiste em receber uma informação e de acordo com os parametros recebidos devolver o resultado esperado para todas as pontas.

### Objetivo

O objetivo dos túneis assíncronos é alterar o modo de negociação do mercado de opções no segmento BM&F de modo não contínuo para modo contínuo.

Conceitualmente o modo contínuo não permite book cruzado e cada evento de entrada de oferta que dispare o cruzamento do book, será efetivado um ou mais negócios baseados no algoritmo de matching FIFO e desde que os preços a serem gerados nos negócios estejam dentro do túnel de rejeição que será detalhado a seguir.

#### 1 - Explicação do funcionamento

Após a conclusão de todos os preços de ajustes dos ativos no mercado futuro e também a conclusão do processamento de cadastramento de série de opções (séries incluídas, alteradas e excluídas), o sistema de cálculo de preços de referência de opções (prêmios teóricos) calculará os referidos prêmios teóricos e estabelecerá os valores máximos e mínimos para o túnel de rejeição das opções. O cálculo do túnel de rejeição tomará como base o preço de ajuste do ativo subjacente da mesma.

Visando termos maior controle na negociação das opções, definimos que também será calculado para cada opção o túnel intradiário da mesma, tomando como base os valores máximos e mínimos do limite intradiário do contrato futuro ao qual a mesma se refere.

O túnel intradiário calculado com base nos limites intradiários do contrato futuro são estáticos ao longo de todo o dia, porém o túnel de rejeição da opção pode sofrer alterações ao longo do dia de acordo com as situações explicadas a seguir.

1 - Existir posição em aberto na série de opção; OU

2 - Existir oferta registrada na opção; OU

3 – Existir algum negócio realizado na opção; E

4 – O preço do futuro variar 10% em relação ao valor de variação do limite intradiário do futuro, conforme tabela a seguir.

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

Tabela1

MERCADORIA	LIMITE INTRADIÁRIO	TRIGGER para novo cálculo
ISU	6,50% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,65%
BGI	3,50% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,35%
ICF	9% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,90%
DI1	100 pontos-base	10 pontos-base
DOL	10% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	1,00%
ETN	6% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,60%
IND	10% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	1,00%
CCM	5% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,50%
IDI	0,20% sobre o IDI disponível *	0,02%
OZ1	5% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,50%
SOJ	5% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento negociado	0,50%

\* Hoje temos os IDIs disponíveis 2003 e 2009. Para opções com vencimento até janeiro de 2012 a referência será IDI 2003 e para as opções com vencimento a partir de fevereiro 2012 a referência será IDI 2009.

Uma vez calculado o prêmio de referência da opção, o valor percentual a ser utilizado no cálculo dos valores máximos e mínimo do túnel de rejeição será de 20%, exceção feita a valores de prêmio muito baixos e que deverão seguir os valores da tabela a seguir.

Tabela2

Prêmio calculado	Varição do túnel de rejeição de compra e venda	Prêmios calculados com referência no prêmio min.	Prêmios calculados com referência no prêmio máx.
0,01	400%	0,001 arredonda para cima 0,01	0,05
0,02	300%	0,01	0,08
0,03	300%	0,01	0,12
0,04	100%	0,01	0,08
0,05	100%	0,01	0,10
0,06	100%	0,01	0,12
0,07	100%	0,01	0,14
0,08	100%	0,01	0,16
0,09	100%	0,01	0,18
0,10	90%	0,01	0,19
0,11	90%	0,01	0,209 arredonda para baixo 0,20
0,12	90%	0,01	0,228 arredonda para baixo 0,22
0,13	90%	0,01	0,247 arredonda para baixo 0,24

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

0,14	90%	0,01	0,266 arredonda para baixo 0,26
0,15	90%	0,01	0,285 arredonda para baixo 0,28
0,16	90%	0,01	0,304 arredonda para baixo 0,30
0,17	50%	0,085 arredonda para cima 0,09	0,255 arredonda para baixo 0,25
0,18	50%	0,09	0,27
0,19	50%	0,095 arredonda para cima 0,10	0,285 arredonda para baixo 0,28
0,20	50%	0,10	0,30
0,21	50%	0,105 arredonda para cima 0,11	0,315 arredonda para baixo 0,31
0,22	50%	0,11	0,33
0,23	50%	0,115 arredonda para cima 0,12	0,345 arredonda para baixo 0,34
0,24	50%	0,12	0,36
0,25	50%	0,125 arredonda para cima 0,13	0,375 arredonda para baixo 0,37
0,26	50%	0,13	0,39
0,27	50%	0,135 arredonda para cima 0,14	0,405 arredonda para baixo 0,40
0,28	50%	0,14	0,42
0,29	50%	0,145 arredonda para cima 0,15	0,435 arredonda para baixo 0,43
0,30	40%	0,18	0,42
0,31	40%	0,186 arredonda para cima 0,19	0,434 arredonda para baixo 0,43
0,32	40%	0,192 arredonda para cima 0,20	0,448 arredonda para baixo 0,44
0,33	40%	0,198 arredonda para cima 0,20	0,462 arredonda para baixo 0,46
0,34	40%	0,204 arredonda para cima 0,21	0,476 arredonda para baixo 0,47
0,35	40%	0,21	0,49
0,36	40%	0,216 arredonda para cima 0,22	0,504 arredonda para baixo 0,50
0,37	40%	0,222 arredonda para cima 0,23	0,518 arredonda para baixo 0,51
0,38	40%	0,228 arredonda para cima 0,23	0,532 arredonda para baixo 0,53
0,39	40%	0,234 arredonda para cima 0,24	0,546 arredonda para baixo 0,54
0,40	30%	0,28	0,52
0,41	30%	0,287 arredonda para cima 0,29	0,533 arredonda para baixo 0,53
0,42	30%	0,294 arredonda para cima 0,30	0,546 arredonda para baixo 0,54
0,43	30%	0,301 arredonda para cima 0,31	0,559 arredonda para baixo 0,55
0,44	30%	0,308 arredonda para cima 0,31	0,572 arredonda para baixo 0,57
0,45	30%	0,315 arredonda para cima 0,32	0,585 arredonda para baixo 0,58
0,46	30%	0,322 arredonda para cima 0,33	0,598 arredonda para baixo 0,59
0,47	30%	0,329 arredonda para cima 0,33	0,611 arredonda para baixo 0,61
0,48	30%	0,336 arredonda para cima 0,34	0,624 arredonda para baixo 0,62
0,49	30%	0,343 arredonda para cima 0,35	0,637 arredonda para baixo 0,63
0,50	30%	0,35	0,65
de 0,51 em diante	20%	0,408 arredonda para cima 0,41	0,612 arredonda para baixo 0,61

A supervisão de mercado deverá ter ferramentas para alterar os valores de túnel, quaisquer que sejam rejeição ou intradiário em tempo de pregão, bem como alterar os valores para o cálculo dos mesmos também em tempo de pregão.

Ao calcular os túneis, o sistema enviará mensagens para o núcleo e tela. As mensagens serão enviadas em blocos para evitar um pico de mensagens trafegando no sistema a cada cálculo. Os blocos serão enviados em intervalo de tempo ideal que deverá ser definido pela área de desenvolvimento de modo que não provoque um delay no envio da totalidade de mensagens, nem um pico muito alto de mensagens trafegando no sistema.

Os modelos de apreçamento para cada uma das opções que temos disponíveis a negociação fazem parte do anexo a este documento.

## 2 - EXEMPLOS

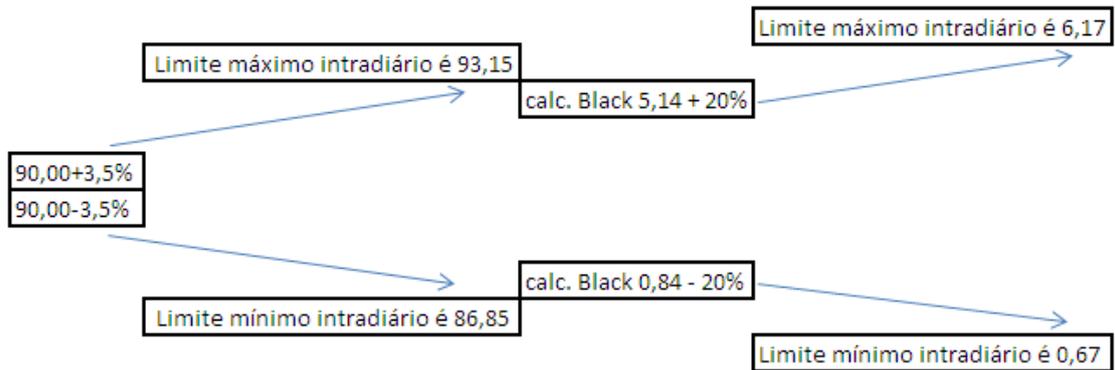
## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

### a) Cálculo dos limites máximo e mínimo intradiário da opção.

O preço de ajuste do Futuro de Boi Gordo – BGIV10 vencido outubro 2010 é de R\$ 90,00 e a oscilação máxima intradiária é de 3,5%. Usamos o limite máximo e mínimo intradiário do futuro para calcular os limites máximo e mínimo intradiário das opções.

Limite máximo intradiário 93,15 e limite mínimo intradiário 86,85 do futuro.

Vamos calcular os limites máximo e mínimo intradiário da opção BGIV10C008800.



Os limites máximo e mínimo intradiário da opção são:

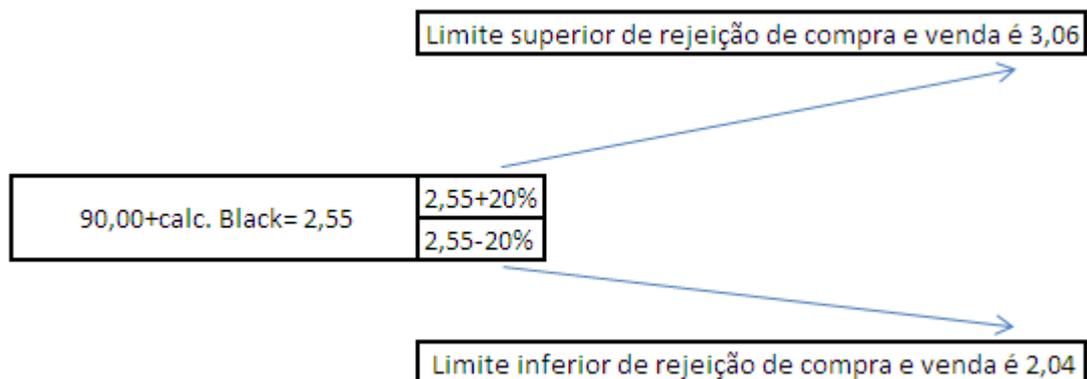
Limite máximo intradiário é 6,17 e Limite mínimo intradiário é 0,67.

Podendo ser modificar pela Supervisão durante a negociação se necessário for.

### b) Cálculo do prêmio – preço de referência e dos limites de rejeição de compra e venda das opções.

Temos o preço base do futuro em 90,00

O prêmio – preço de referência da opção BGIV10C008800 é 2,55 já calculado pelo modelo Black.



## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

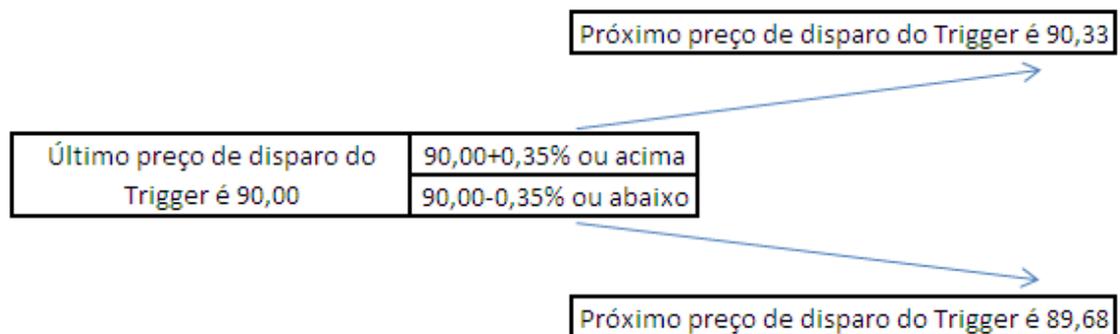
Os limites superior e inferior de rejeição são:

Limite superior de rejeição neste momento é 3,06 e o limite inferior de rejeição é 2,04.

Podendo ser alterado pela Supervisão durante a negociação se necessário for.

### c) Cálculo do Trigger para atualização do prêmio – preço de referência das opções.

A partir da abertura para negociação se o futuro variar 10% ou mais do valor de oscilação intradiário da mercadoria para cima ou para baixo, o Trigger será disparado para que os prêmios – preços de referência das opções sejam atualizados.



Se o preço do futuro atingir 90,33 ou mais em um mesmo momento o Trigger será disparado.

Se o preço do futuro atingir 89,68 ou menos em um mesmo momento o Trigger será disparado.

Entre os preços 89,69 e 90,32 os túneis das opções não sofrerão nenhuma alteração automática.

O cenário acima se aplicará para as opções que após a abertura de negociação se enquadrarem em pelo menos um dos itens abaixo:

- 1 - Existir posição em aberto na série de opção; OU
- 2 - Existir oferta registrada na opção; OU
- 3 – Existir algum negócio realizado na opção.

Se necessário for, a supervisão de mercado poderá acionar um novo cálculo para o prêmio – preço de referência das opções através da janela Manter túneis durante a negociação.

### d) O futuro variou mais de 10% do limite intradiário da mercadoria.

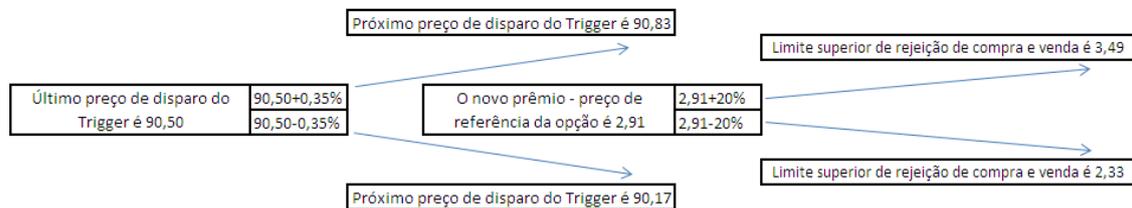
Vamos comparar os números do exercício anterior.

Limite superior de disparo é 90,33

Limite inferior de disparo é 89,68

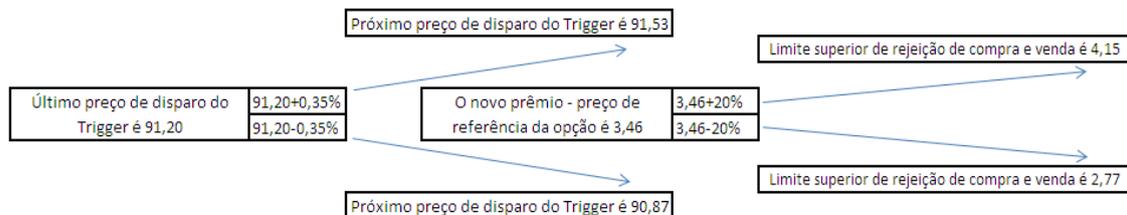
## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

E o preço do futuro foi diretamente para 90,50.



Com a variação do preço do futuro de mais de 10% do valor intradiário da mercadoria o Trigger foi disparado, as opções foram atualizadas, agora temos novos preços de disparo do Trigger são eles: 90,17 e 90,83 e novos prêmios – preços de referência das opções. Na opção citada no exemplo acima o novo prêmio – preço de referência é 2,91.

### e) O futuro variou novamente mais de 10% do limite intradiário da mercadoria.



Com o disparo do novo Trigger podemos observar que temos novos túneis de rejeição de compra e venda que foram calculados pelo modelo Black e agora ficaram assim: Limite superior de rejeição de compra e venda é 4,15 e o limite inferior de rejeição de compra e venda é 2,77.

## CONCLUSÃO

A calculadora de túneis assíncronos apresenta resultados performáticos por tratar de modelos matemáticos de complexidade média e regras de negócio de dificuldade alta. O método de distribuição assíncrona se mostra o mais eficiente mas sem garantia de conclusão, uma possível melhoria seria em um futuro próximo adicionar um tratamento para mensagens perdidas.

## ANEXO – MODELOS DE APREÇAMENTO

Os cálculos dos prêmios - preços de referência das opções serão efetuados de acordo com os modelos Black, Black-Sholes e Black Modificado.

**O modelo Black será usado para cálculo das seguintes opções:**

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

Opção sobre Futuro de Café

Opção sobre Futuro de Boi

Opção sobre Futuro de Soja

Opção sobre Futuro de Milho

Opção sobre Futuro de Açúcar

Opção sobre Futuro de Álcool

Opção sobre Futuro de Bezerro

Opção sobre Futuro de IBovespa

Opção sobre Dólar Spot

Opção sobre Futuro de Dólar

Opção sobre IDI  $S_i = \text{Indicadores}(IDI) \times (1 + txPre(i, w)_{DU})^{(DU/252)}$

*Modelo = Black*

$$S_i = \text{Preço}(BGI, \text{Venc}(série), i, w)$$

$$r_m = txPre^c(m)_{DU}$$

$$\sigma_n = SV(VLBGI, DU, K, h, n, w)$$

$$L_+ = f_{B,Call}(S_+, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_+ = f_{B,Put}(S_-, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_- = f_{B,Call}(S_-, K, r_m, T, \sigma_-)$$

$$L_- = f_{B,Put}(S_+, K, r_m, T, \sigma_-)$$

O modelo Black-Scholes será usado para cálculo das seguintes opções:

**Opção sobre Ouro**

*Modelo = Black - Scholes*

$$S_i = \text{Preço}(OZ1, "spot", i, w)$$

$$r_m = txPre^c(m)_{DU}$$

$$\sigma_n = SV(VLOUR, DU, K, h, n, w)$$

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

$$L_+ = f_{BS,Call}(S_+, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_+ = f_{BS,Put}(S_-, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_- = f_{BS,Call}(S_-, K, r_m, T, \sigma_-)$$

$$L_- = f_{BS,Put}(S_+, K, r_m, T, \sigma_-)$$

O modelo Black Modificado para Opções com ajuste

### Opção com Ajuste sobre Dólar

*Modelo = Black Modificado para Opções com Ajuste*

$$S_i = Preço(DOL, Venc(série), i, w)$$

$$r_m = txPre^c(m)_{DU}$$

$$\sigma_n = SV(VLDOS, DU, K, h, n, w)$$

$$L_+ = f_{BMA,Call}(S_+, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_+ = f_{BMA,Put}(S_-, K, r_m, T, \sigma_+)$$

$$L_- = f_{BMA,Call}(S_-, K, r_m, T, \sigma_-)$$

$$L_- = f_{BMA,Put}(S_+, K, r_m, T, \sigma_-)$$

### Opção sobre Futuro de DI tipo I

*Modelo = Black Modificado*

$$PU_i^{curto} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU}\right)^{\frac{DU}{252}}$$

$$PU_i^{longo} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU^*}\right)^{\frac{DU^*}{252}}$$

$$\sigma_n = SV(VLDI1, DU, K, h, n, w)$$

Onde:

A notação  $-i$  em  $txPre(-i, w)$  significa o cenário oposto do  $PU_i$ . Ou seja, o cenário de alta do PU é calculado com o cenário de baixa da taxa pré, e vice-versa.

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

DU é o número de dias úteis entre a data base e data de vencimento da opção.

DU\* é o número de dias úteis entre a data base e o futuro de DI1 objeto da opção (variável conforme a série).

$$L_+ = f_{BM,Call} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_+ = f_{BM,Put} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Call} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Put} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

### Opção sobre Futuro de DI tipo II

*Modelo = Black Modificado*

$$PU_i^{curto} = 100.000 / \left( 1 + txPre(-i, w)_{DU} \right)^{\frac{DU}{252}}$$

$$PU_i^{longo} = 100.000 / \left( 1 + txPre(-i, w)_{DU^*} \right)^{\frac{DU^*}{252}}$$

$$\sigma_n = SV(VLDI2, DU, K, h, n, w)$$

Onde:

A notação  $-i$  em  $txPre(-i, w)$  significa o cenário oposto do  $PU_i$ . Ou seja, o cenário de alta do PU é calculado com o cenário de baixa da taxa pré, e vice-versa.

DU é o número de dias úteis entre a data base e data de vencimento da opção.

DU\* é o número de dias úteis entre a data base e o futuro de DI1 objeto da opção (variável conforme a série).

$$L_+ = f_{BM,Call} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_+ = f_{BM,Put} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Call} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Put} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

### Opção sobre Futuro de DI tipo III

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

*Modelo = Black Modificado*

$$PU_i^{curto} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU}\right)^{\frac{DU}{252}}$$

$$PU_i^{longo} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU^*}\right)^{\frac{DU^*}{252}}$$

$$\sigma_n = SV(VLDI3, DU, K, h, n, w)$$

Onde:

A notação  $-i$  em  $txPre(-i, w)$  significa o cenário oposto do  $PU_i$ . Ou seja, o cenário de alta do PU é calculado com o cenário de baixa da taxa pré, e vice-versa.

DU é o número de dias úteis entre a data base e data de vencimento da opção.

DU\* é o número de dias úteis entre a data base e o futuro de DI1 objeto da opção (variável conforme a série).

$$L_+ = f_{BM, Call} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto, DU}, T_{curto, DC}, T_{longo, DU}, T_{longo, DC} \right)$$

$$L_+ = f_{BM, Put} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto, DU}, T_{curto, DC}, T_{longo, DU}, T_{longo, DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM, Call} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto, DU}, T_{curto, DC}, T_{longo, DU}, T_{longo, DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM, Put} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto, DU}, T_{curto, DC}, T_{longo, DU}, T_{longo, DC} \right)$$

## Opção sobre Futuro de DI tipo IV

*Modelo = Black Modificado*

$$PU_i^{curto} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU}\right)^{\frac{DU}{252}}$$

$$PU_i^{longo} = 100.000 / \left(1 + txPre(-i, w)_{DU^*}\right)^{\frac{DU^*}{252}}$$

$$\sigma_n = SV(VLDI4, DU, K, h, n, w)$$

Onde:

A notação  $-i$  em  $txPre(-i, w)$  significa o cenário oposto do  $PU_i$ . Ou seja, o cenário de alta do PU é calculado com o cenário de baixa da taxa pré, e vice-versa.

## Túnel Assíncrono no Mercado de Opções

DU é o número de dias úteis entre a data base e data de vencimento da opção.

DU\* é o número de dias úteis entre a data base e o futuro de DI1 objeto da opção (variável conforme a série).

$$L_+ = f_{BM,Call} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_+ = f_{BM,Put} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_+, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Call} \left( PU_+^{curto}, PU_-^{longo}, K; \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$

$$L_- = f_{BM,Put} \left( PU_-^{curto}, PU_+^{longo}, K, \sigma_-, T_{curto,DU}, T_{curto,DC}, T_{longo,DU}, T_{longo,DC} \right)$$