

LEONARDO VITTORIO MANTOVANI TEIXEIRA

**UMA PROPOSTA DE CHAMADA DE MARGEM PARA
UMA INSTITUIÇÃO FINANCEIRA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção

São Paulo

2003

LEONARDO VITTORIO MANTOVANI TEIXEIRA

**UMA PROPOSTA DE CHAMADA DE MARGEM PARA
UMA INSTITUIÇÃO FINANCEIRA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção

ORIENTADOR:

Prof. Dr. LUIS FERNANDO PINTO DE .
ABREU

São Paulo

2003

FICHA CATALOGRÁFICA

Teixeira, Leonardo Vittorio Mantovani

Uma proposta de chamada de margem para uma instituição financeira / L.V.M. Teixeira. -- São Paulo, 2003.

94 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

**1.Chamada de margem 2.VAR 3.Quase Monte Carlo
4.Derivativos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Aos meus pais Caio e Caterina.

AGRADECIMENTOS

De coração aos meus pais e eternos amigos Caio e Caterina, sempre presentes com a palavra carinhosa, e sempre prontos a me ajudar e incentivar na consecução de meus objetivos;

Aos tantos amigos e colegas das diversas repúblicas em que morei pelo companheirismo e amizade, em especial ao Murilo Silvério e Helder Melo por serem as pessoas *sui generis* que são;

A Renata Barros, amiga de coração, pelo incentivo e paciência incessantes;

Ao Professor Luís Fernando pelo incentivo e confiança, pela paciência de me escutar e de me receber diligentemente por tantas reuniões;

Aos professores e funcionários da Escola de Engenharia de São Carlos que durante os primeiros anos de minha vida acadêmica tanto contribuíram fornecendo os alicerces de minha formação técnica e profissional;

Aos professores e funcionários da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo por terem possibilitado a minha graduação como engenheiro de produção;

Aos colegas de serviço pelo incentivo e contribuição para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho de formatura propõe um método para o cálculo da chamada de margem de clientes, baseado na utilização da metodologia VAR (valor em risco). A geração de cenários para o cálculo do VAR foi conseguida pela simulação de Quase Monte Carlo do preço futuro de uma *commodity* agrícola. Para a validação do novo método, escolheu-se uma operação real de hedge de um dos clientes da empresa e comparou-se o resultado da aplicação do novo método com as chamadas de margem sofridas pelo cliente entre os dias 3 de setembro e 14 de outubro de 2003. O novo método conseguiu uma redução de 100,000 dólares para o período observado, mantendo o nível de confiança de 97,5% atualmente em uso.

ABSTRACT

This paper outlines a method for calculating clients margin calls, based on the VAR (value at risk) methodology. The scenario generation was achieved through the implementation of Quasi Monte Carlo simulation of the forward price of an agricultural commodity, soybeans. To evaluate the new method, a hedge position of one of the company's clients has been chosen and the new method applied to it. The outcomes generated by the new method were compared to the client's actual margin calls sent between September, 3rd and October, 14th 2003. The new method achieved a USD 100,000 reduction in the total margin call over the period, maintaining the 97,5% confidence level currently used by the company.

.

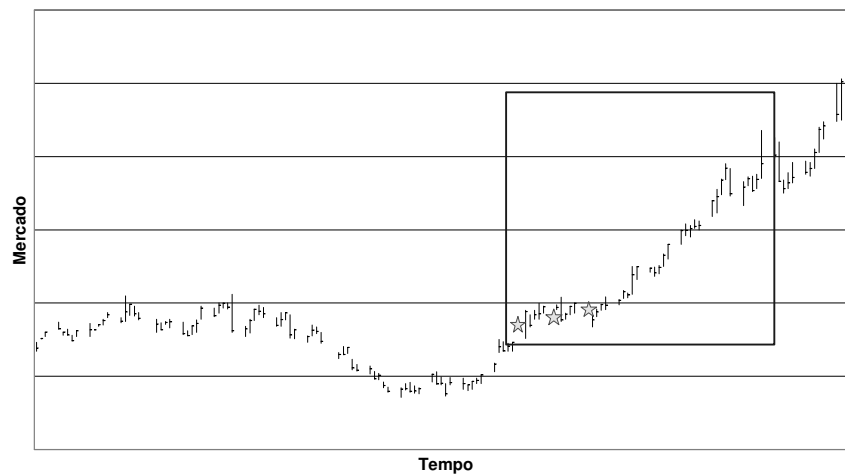
Parte I

Parte II

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

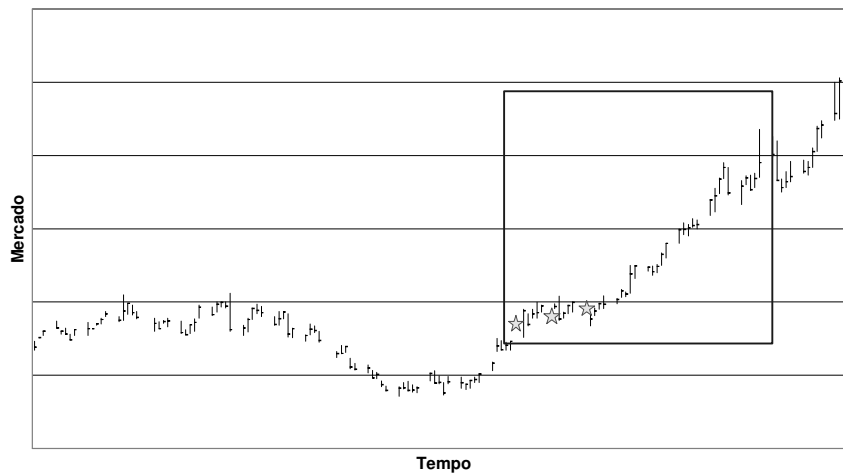
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 2

GESTÃO DE RISCO DE PREÇO EM MERCADOS FUTUROS

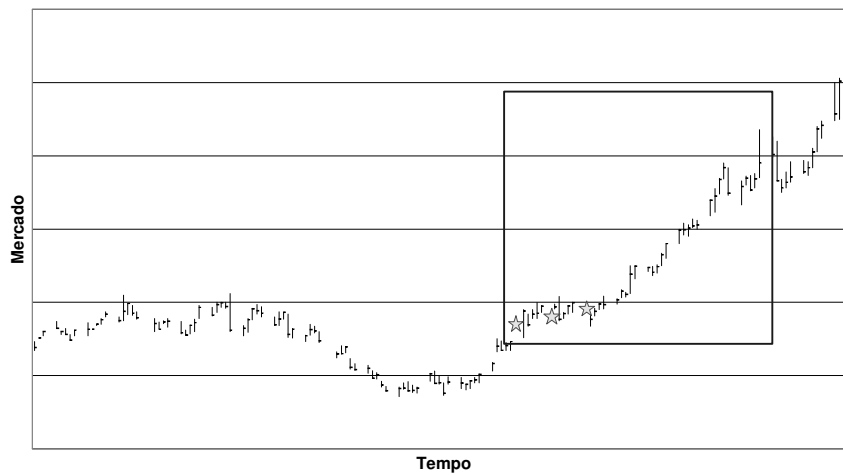
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 3

DERIVATIVOS

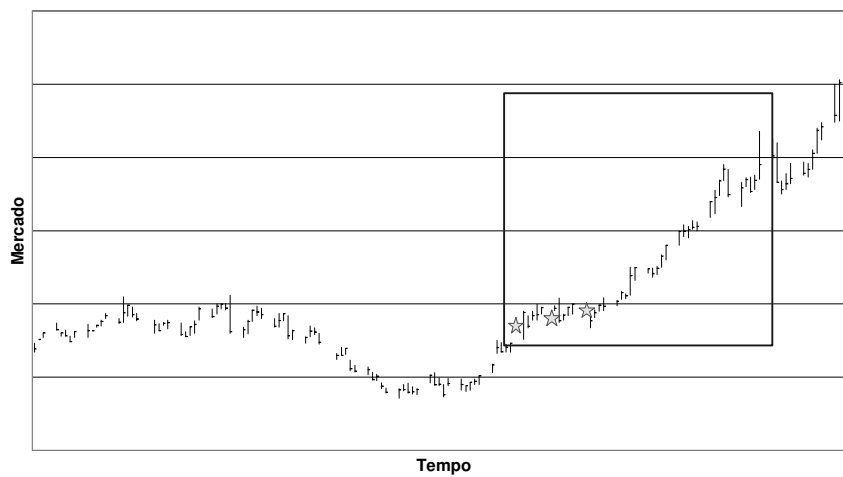
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 4

VAR E SIMULAÇÃO DE QUASE MONTE CARLO

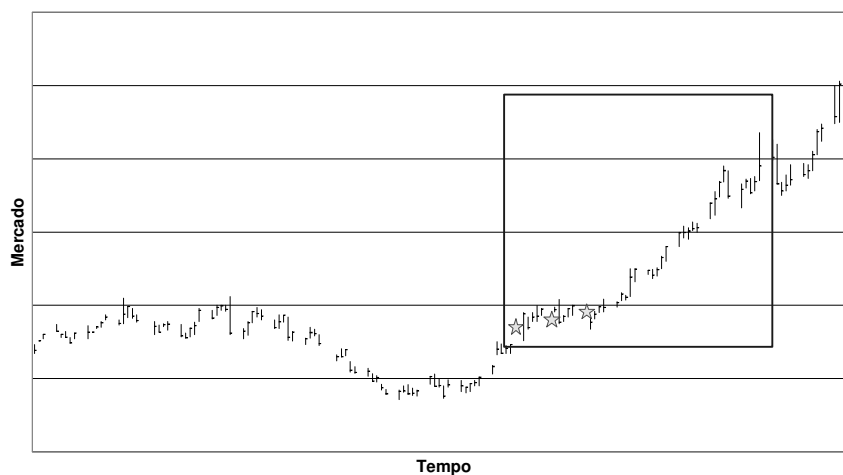
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 5

A CHAMADA DE MARGEM E O MÉTODO ATUAL DA EMPRESA

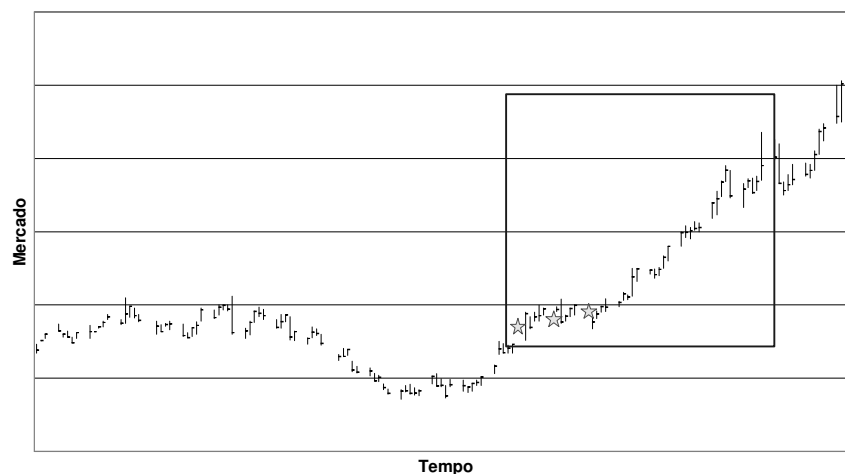
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 6

MÉTODO ALTERNATIVO DE CHAMADA DE MARGEM COM CÁLCULO DE VAR

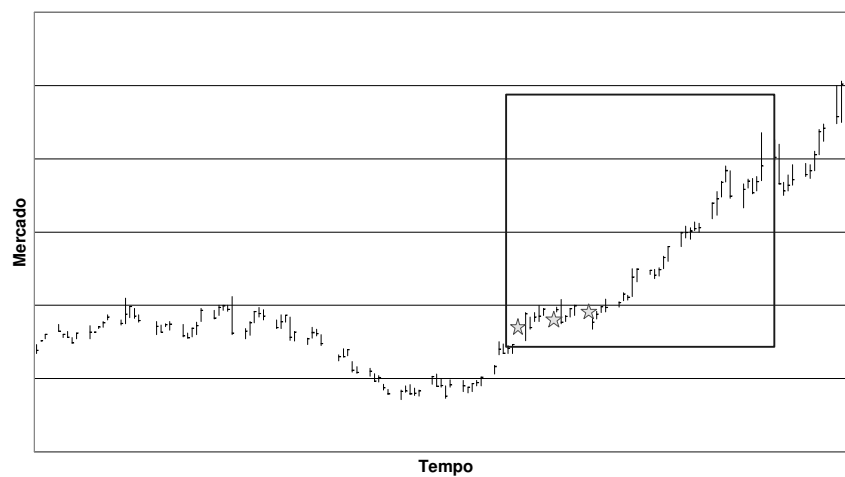
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 7

TESTE E VALIDAÇÃO DO MÉTODO

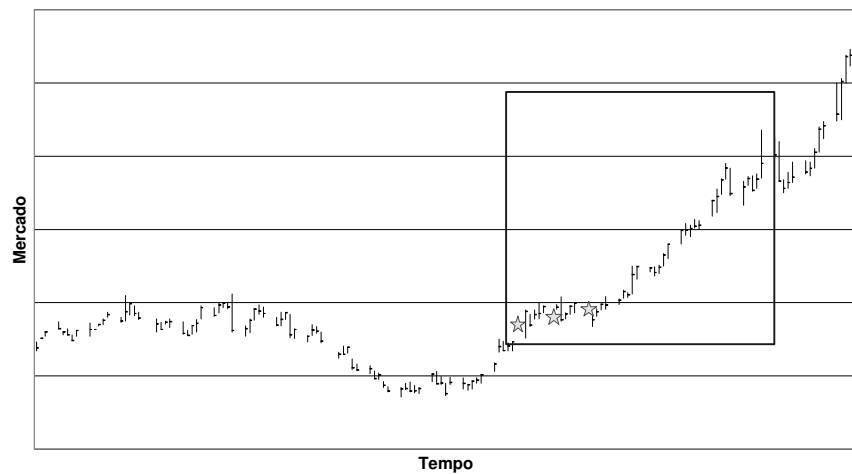
Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



Capítulo 8

CONCLUSÃO

Contrato de Soja - Maio 2004 (SK4)



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

APÊNDICES

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	<u>1</u>
1.1 A EMPRESA E O ESTÁGIO	2
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	5
<u>2. GESTÃO DE RISCO DE PREÇO EM MERCADOS FUTUROS</u>	<u>6</u>
2.1 EXPORTAÇÃO AGRÍCOLA	7
2.2 GESTÃO DE RISCO DE PREÇO EM MERCADOS FUTUROS	9
2.2.1. PANORAMA HISTÓRICO	9
2.2.2. OPERAÇÕES EM MERCADOS FUTUROS	10
2.3 O CICLO AGRÍCOLA E O CICLO DO <i>HEDGE</i>	11
2.3.1. O MECANISMO DE PROTEÇÃO	13
2.3.2. BOLSAS DE MERCADOS FUTUROS	18
2.3.3. MERCADOS DE BALCÃO (OTC - OVER THE COUNTER)	19
<u>3. DERIVATIVOS</u>	<u>20</u>
3.1 FORWARDS E SWAPS	21
3.1.1. FORWARDS	21
3.1.2. SWAPS	24
3.2 OPÇÕES	27
3.2.1. CONCEITO DA OPÇÃO	28
3.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS OPÇÕES	30
3.2.3. PRÊMIO DA OPÇÃO	33
3.2.4. PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES	36
3.2.5. ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO COM OPÇÕES	43
<u>4. VAR E SIMULAÇÃO DE QUASI MONTE CARLO</u>	<u>46</u>

4.1	VAR (VALUE AT RISK)	47
4.1.1.	SIMULAÇÃO PARAMÉTRICA	49
4.1.2.	SIMULAÇÃO HISTÓRICA	50
4.1.3.	SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	52
4.2	SIMULAÇÃO DE QUASI-MONTE CARLO	55
4.3	MODELO GERAL DE MOVIMENTAÇÃO DE PREÇOS DO ATIVO	57
<u>5.</u>	<u>A CHAMADA DE MARGEM E O MÉTODO ATUAL DA EMPRESA</u>	<u>59</u>
5.1	“MARGEAMENTO” DE POSIÇÕES: FUNCIONAMENTO, DIMENSIONAMENTO E AVANÇOS	60
5.1.1.	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE “MARGEAMENTO”	60
5.1.2.	IMPORTÂNCIA DO DIMENSIONAMENTO DE UM MÉTODO DE MARGEAMENTO	63
5.1.3.	LINHAS DE PESQUISA	64
5.2	MÉTODO ATUAL DA EMPRESA	66
<u>6.</u>	<u>MÉTODO ALTERNATIVO DE CHAMADA DE MARGEM COM CÁLCULO DE VAR</u>	<u>72</u>
6.1	DESCRIÇÃO DO MÉTODO	73
6.2	SIMULAÇÃO	75
6.3	CÁLCULO DO VAR	77
6.4	PARÂMETROS E VARIÁVEIS DO MÉTODO	78
<u>7.</u>	<u>TESTE E VALIDAÇÃO DO MÉTODO</u>	<u>79</u>
7.1	HISTÓRICO DA POSIÇÃO DO CLIENTE	80
7.2	PLANILHAS	84
7.3	RESULTADOS	86
<u>8.</u>	<u>CONCLUSÃO</u>	<u>89</u>
<u>9.</u>	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>91</u>
<u>10.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>95</u>

10.1	CÁLCULO DA VOLATILIDADE HISTÓRICA	96
10.2	DERIVAÇÃO DA EQUAÇÃO DE BLACK E SCHOLES	97
10.3	PLANILHAS DE CÁLCULO DE MARGEM	99
10.4	CÁLCULOS COM 95% E 99% DE CONFIANÇA	101
<u>11.</u>	<u>APÊNDICES</u>	<u>103</u>
11.1	EXEMPLO DE CONTRATO DE EXPORTAÇÃO DE AÇÚCAR E FUTURO DE BOLSA	104
11.2	SEQUÊNCIAS DE VAN DER CORPUT	112
11.3	MACROS	113

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1 EXPORTAÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA - MIL US\$ (FOB) _____	8
TABELA 3-1 DIFERENÇAS ENTRE FORWARDS E CONTRATOS FUTUROS _____	23
TABELA 3-2 FLUXO DE CAIXA DE UM SWAP – EXEMPLO 1 _____	25
TABELA 3-3 COMPORTAMENTO DE OPÇÕES _____	32
TABELA 4-1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA TIPO DE SIMULAÇÃO _____	54
TABELA 7-1 OPERAÇÃO DE HEDGE DO CLIENTE _____	81
TABELA 7-2 CHAMADAS DE MARGEM DO CLIENTE ENTRE 3/09 E 14/10 _____	84
TABELA 7-4 RESULTADO DA SIMULAÇÃO _____	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1-1 EXPORTAÇÕES AGRÍCOLAS DE 1992 A 2001 _____	8
FIGURA 2.3-1 CICLO DE PRODUÇÃO E <i>HEDGE</i> _____	13
FIGURA 2.3-2 CONVERGÊNCIA DO PREÇO FUTURO E SPOT DE UM <i>COMMODITY</i> _____	14
FIGURA 2.3-3 ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO _____	15
FIGURA 2.3-4 MERCADO E CURVA DE LUCRO/PREJUÍZO PARA O CENÁRIO (A) _____	16
FIGURA 2.3-5 MERCADO E CURVA DE LUCRO/PREJUÍZO PARA O CENÁRIO (B) _____	17
FIGURA 2.3-6 FLUXO DE ORDENS NA BOLSA DE VALORES _____	18
FIGURA 3.1-1 CURVAS E LUCRO/ PREJUÍZO PARA POSIÇÕES COMPRADAS E VENDIDAS EM FORWARDS _____	22
FIGURA 3.1-2 FLUXO DE CAIXA DE UM SWAP ENTRE DUAS EMPRESAS _____	24
FIGURA 3.1-3 SWAP DE LIBOR ENTRE DUAS EMPRESAS _____	26
FIGURA 3.2-1 DEFINIÇÃO DE UMA OPÇÃO SEGUNDO WILMOTT _____	28
FIGURA 3.2-2 CLASSIFICAÇÃO DE UMA OPÇÃO QUANTO AO TIPO E ESTILO _____	31
FIGURA 3.2-3 DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE OPÇÕES _____	31
FIGURA 3.2-4 CURVAS DE PREÇO DE COMPRA E DE VENDA PARA POSIÇÕES COMPRADAS EM OPÇÕES _____	34
FIGURA 3.2-5 CURVAS DE LUCRO/PREJUÍZO PARA POSIÇÕES COMPRADAS E VENDIDAS EM OPÇÕES _____	35
FIGURA 3.2-6 GRÁFICO DE VOLATILIDADE HISTÓRICA DO PRIMEIRO CONTRATO DE SOJA _____	37
FIGURA 3.2-7 CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE LOG-NORMAL E NORMAL _____	38
FIGURA 3.2-8 VALOR DE UMA OPÇÃO VS. VOLATILIDADE E TEMPO PARA O VENCIMENTO _____	39
FIGURA 3.2-9 VALOR DE UMA OPÇÃO VS. MERCADO E TEMPO PARA O VENCIMENTO _____	40
FIGURA 3.2-10 CURVA DE LUCRO/PREJUÍZO PARA UM <i>PUT SPREAD</i> _____	43
FIGURA 3.2-11 CURVA DE LUCRO/PREJUÍZO PARA UM <i>STRADDLE</i> _____	44
FIGURA 3.2-12 CURVA DE LUCRO/PREJUÍZO PARA UM <i>COLLAR</i> _____	45
FIGURA 4.1-1 AGREGAÇÃO DE DISTRIBUIÇÕES EM UMA SÓ DISTRIBUIÇÃO CONSEGUIDO COM O VAR _____	48
FIGURA 4.1-2 DIAGRAMA DE BLOCOS DO FUNCIONAMENTO DO VAR _____	49
FIGURA 4.1-3 CAMINHOS DE MERCADO GERADOS PELA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO _____	53
FIGURA 4.2-1 GERAÇÃO DE NÚMEROS: EXCEL VS. VAN DER CORPUT _____	56
FIGURA 5.1-1 FLUXOGRAMA DE UM PROCESSO GENÉRICO E CHAMADA DE MARGEM _____	62
FIGURA 5.2-1 ILUSTRAÇÃO DO SIGNIFICADO DE “ESTRESSAR” A CURVA DA <i>COMMODITY</i> _____	69
FIGURA 5.2-2 PROCESSO DE CHAMADA DE MARGEM ATUAL _____	69
FIGURA 5.2-3 CURVA DE MERCADO E DE LUCRO/PREJUÍZO NO CÁLCULO DA CHAMADA DE MARGEM _____	71
FIGURA 6.1-1 FLUXOGRAMA PROPOSTO PARA O CÁLCULO DA CHAMADA DE MARGEM _____	74
FIGURA 6.2-1 ESTIMATIVA DE ERRO DO VAR DA POSIÇÃO DO CLIENTE - 1 _____	76
FIGURA 6.2-2 ESTIMATIVA DE ERRO DO VAR DA POSIÇÃO DO CLIENTE - 2 _____	77
FIGURA 6.3-1 ILUSTRAÇÃO DO SIGNIFICADO DO VAR PARA DUAS DISTRIBUIÇÕES DIFERENTES _____	78
FIGURA 7.1-1 DADOS DE MERCADO DO CONTRATO DE SOJA /04 DE CHICAGO (SK4) _____	82

FIGURA 7.1-2 POSIÇÃO FINANCEIRA DO CLIENTE	83
FIGURA 7.2-1 TESTE DE NORMALIDADE PARA 10.000 SIMULAÇÕES	85

1.INTRODUÇÃO

1.1 A empresa e o estágio

O estágio está sendo realizado em uma instituição financeira australiana com sede em Sydney. A empresa possui 55 escritórios ao redor do mundo e um total de 4800 funcionários, divididos em 6 grandes áreas de negócios, a saber:

- Equity Markets
- Treasury and *Commodities*
- Financial Services
- Investment Banking
- Banking and Property
- Funds Management

No Brasil, a empresa conta com 15 funcionários e é dividida em duas áreas de negócios: a área de *equities* e a área de *commodities* agrícolas. Esta última, onde o estágio está sendo realizado, é composta de quatro funcionários além do estagiário.

O trabalho desenvolvido na área de *commodities* agrícolas se caracteriza pela criação de estruturas de proteção de preço para consumidores ou produtores daquelas, e pode ser entendido, dentro da área financeira, como um trabalho de gestão de riscos de preço dentro dos mercados de balcão (em inglês chamados de OTC's – over the counter). Maiores esclarecimentos sobre o funcionamento destes mercados serão apresentados no capítulo “Gestão de Riscos em Mercados Futuros”.

Dentre os muitos mercados de *commodities* agrícolas negociados nas bolsas do mundo, a empresa opera ativamente nos mercados de açúcar, algodão, cacau, café e soja, tendo suas operações baseadas nas bolsas de Nova Iorque (NYBOT – New York Board of Trade), Chicago (CBOT – Chicago Board of Trade) e de São Paulo (BM&F. - Mercadorias e Futuros de São Paulo)

O estágio vem sendo desenvolvido desde janeiro deste ano junto a esta área de negócios e tem como principais atividades:

O estudo dos mercados futuros e físico das *commodities* agrícolas, bem como o entendimento do processo de exportação de produtos agrícolas no Brasil, com todos os seus participantes e características próprias;

O estudo da teoria de derivativos e opções com vistas ao desenvolvimento e precificação de estruturas individualizadas de proteção de preço para consumidores e produtores de *commodities* agrícolas;

A análise do comportamento dos mercados procurando identificar suas tendências, movimentos e padrões (caso existam); e,

Relacionamento com clientes, participando da apresentação, negociação e venda das estruturas de proteção.

1.2 Objetivo do Trabalho

Quando uma instituição decide operar em algum mercado futuro, mais precisamente através das bolsas de mercadorias como a BM&F ou a NYBOT, esta o faz através de uma corretora de valores¹, filiada a tal bolsa, e que executará as suas ordens através de seus operadores de mercado (chamados de *floor brokers* em inglês).

Além de exigirem uma série de documentos, as bolsas de futuros exigem também de seus clientes o depósito de margens de garantia. As garantias podem ser títulos públicos, cartas de crédito, dinheiro em espécie, ações e outros ativos. Ao cabo de cada pregão, as posições ativas dos clientes são marcadas a mercado², e novas margens são depositadas caso se faça necessário. Este sistema de “margeamento” é extremamente importante pois garante a integridade e o cumprimento de obrigações financeiras entre todos os participantes do mercado.

¹ Em inglês *Broker*

² Ao final de cada dia, a posição do cliente é confrontada com o fechamento do dia para que sejam apurados os ganhos ou perdas financeiras diários – processo também chamado de ajuste diário. No dia seguinte é exigido o depósito de novas garantias daqueles clientes que acumularam perdas no dia anterior.

No caso dos mercados de balcão, as mesmas operações feitas em bolsa, além de outras operações envolvendo derivativos mais complexos, são registradas entre duas entidades através de contratos comerciais. Estes contratos baseiam o preço de mercado vigente em alguma bolsa de futuros, como por exemplo a bolsa de Chicago ou a BM&F. Nestes mercados, a prática da marcação a mercado nos moldes daquela realizada em bolsa não é comum. O normal é que seja aberta uma linha de crédito ao cliente, onde este pode operar livremente, dentro dos limites da mesma.

Mesmo que não sejam exigidos ajustes diários dos clientes, métodos de cálculo do risco de crédito são empregados por estas instituições e, quando um limite de crédito é extrapolado, o cliente é chamado em margem³ por um montante igual ou maior aos fundos excedentes.

Intuitivamente, é possível perceber que o tanto depósito de margens de garantia por parte do cliente quanto a chamada de margem gerada pela instituição financeira são procedimentos indesejados, pois trazem prejuízos a ambas as partes. Se, para o primeiro, o prejuízo é em primeira instância financeiro, para o segundo o prejuízo pode ser a perda de um cliente, que se viu obrigado a depositar pesadas margens de garantia. Dito isto, fica clara a importância para uma instituição financeira, de um método de chamada de margens que pondere entre prudência e tolerância.

Motivado pelo descontentamento de alguns clientes como o atual método de chamada de margens, “*Uma proposta de chamada de margem para uma instituição financeira*” é título e tema do presente trabalho de formatura.

Baseado no enfoque estatístico do VAR⁴, o método aqui proposto almeja a minimização da chamada de margem do cliente, sem, contudo, incorrer em um aumento do nível de risco de crédito experimentado pela empresa.

³ Quando é exigido de um cliente o depósito de fundos em razão de um movimento desfavorável do mercado, diz-se que este foi chamado em margem.

⁴ Var – Value at risk

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho de formatura está dividido em 2 partes:

A Parte I compreende os capítulos 1, 2, 3 e 4 e fornece os elementos conceituais necessários ao entendimento do que seja uma operação de *hedge* em mercados futuros, bem como dos instrumentos financeiros envolvidos.

A Parte II abrange os capítulos 5, 6, 7 e 8 e versa sobre o trabalho em si. Nela serão apresentados o método atual, a validação do método e a conclusão do trabalho.

Recomenda-se a leitura cuidadosa da primeira do trabalho a fim de que a lógica das operações de *hedge* e a terminologia dos derivativos empregada no trabalho estejam claras ao leitor.

2.GESTÃO DE RISCO DE PREÇO EM MERCADOS FUTUROS

O capítulo começa com uma breve apresentação de números da exportação brasileira de produtos agrícolas para que leitor possa ter uma idéia da magnitude dos negócios que envolvem a gestão de risco de preço.

O item “Gestão de risco de preço em mercados futuros” apresenta um panorama histórico dos mercados futuros mostrando que o surgimento das bolsas de mercadorias não foi senão o resultado da evolução do comércio mundial. O item “Operações em mercados futuros” tem caráter informativo, pelo que introduz alguma terminologia a respeito do assunto.

“O ciclo agrícola e o ciclo do *hedge*” é o último item do capítulo e nele são discutidos alguns aspectos que ligam a produção de uma *commodity* agrícola às operações de *hedge*. O mecanismo de travamento de preço nos mercados futuros também é apresentado.

2.1 Exportação Agrícola

A tabela 2.1, abaixo, foi incluída para dar uma idéia ao leitor da magnitude das exportações agrícolas brasileiras e afirmar a importância da gestão de risco de preço para este segmento produtivo. É possível notar o expressivo incremento no volume de exportação de alguns produtos como, por exemplo, o complexo de soja, que teve crescimento em todos seus produtos(grãos, farelo e óleos).

Para se ter uma idéia da importância da gestão de riscos no preço das *commodities* agrícolas para a agroindústria brasileira, basta saber que o Brasil é, hoje, o maior exportador de açúcar VHP do mundo e o segundo maior exportador de soja (atrás dos Estados Unidos e com market share crescente). Ou seja, com receitas na ordem dos milhões de dólares, negócio algum pode abrir mão de uma política de gestão de riscos, seja esta feita através de seguros ou, então, de operações de *hedge* em mercados futuros.

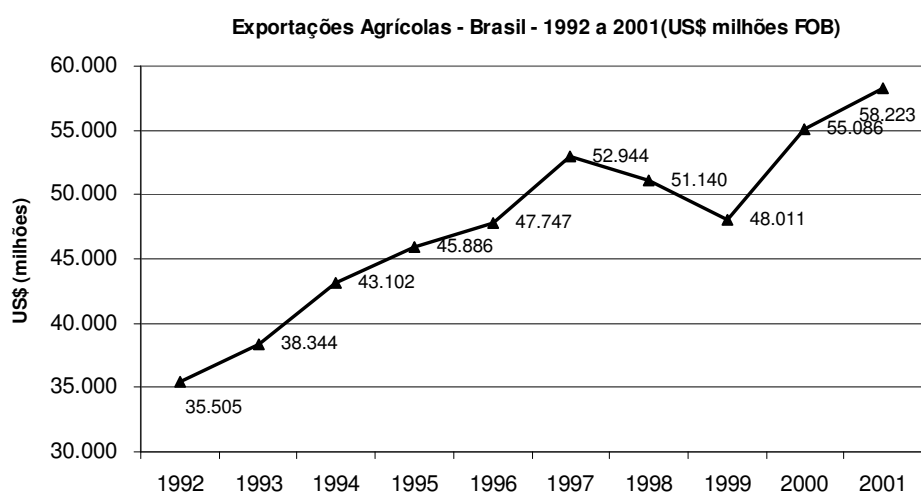
Tabela 2-1 Exportação agrícola brasileira - mil US\$ (FOB)

PRODUTO	JAN a JUN/2003 (a)			JAN a JUN/2002 (b)			VAR.%(a/b)		
	US\$	t	US\$/t	US\$	t	US\$/t	US\$	t	US\$/t
Complexo de soja	3.754.566	17.375.078		1.730.975	9.529.873		116,9	82,32	
Soja em grãos	2.171.133	10.420.017	208,36	874.960	5.102.740	171,47	148,14	104,2	21,51
Farelo de soja	1.072.208	5.894.429	181,9	686.512	3.941.958	174,16	56,18	49,53	4,44
Óleo de soja em bruto	419.452	881.529	475,82	144.910	423.623	342,07	189,46	108,09	39,1
Óleo de soja refinado	91.773	179.103	512,4	5.723	10.723	533,71	1.503,58	1.570,27	-3,99
Demais óleos de soja	---	---	---	18.870	50.829	371,24	-100	-100	-100
Açúcar	722.121	4.098.148		670.246	3.888.507		7,74	5,39	
Açúcar em bruto	485.339	2.828.139	171,61	311.093	1.961.684	158,58	56,01	44,17	8,22
Açúcar refinado	236.782	1.270.009	186,44	359.153	1.926.823	186,4	-34,07	-34,09	0,02
Café	697.065	699.494		508.146	583.885		37,18	19,8	
Café cru em grãos	602.216	669.436	899,59	432.997	558.444	775,36	39,08	19,88	16,02
Café solúvel	94.849	30.058	3.155,53	75.149	25.441	2.953,85	26,21	18,15	6,83
Algodão	29.571	29.869		29.675	34.924		-0,35	-14,47	
Algodão	29.571	29.869	990,02	29.675	34.924	849,7	-0,35	-14,47	16,51

Fonte: Adaptado pelo autor - Análise das Informações de Comércio Exterior - ALICE

Nota: (*) : Quantidade em Mil pares; (**) : Quantidade em Mil peças;

Interessante, também, é o gráfico abaixo, que ilustra a evolução das exportações agrícolas entre 1992 e 2001.



Fonte: Ministério da Agricultura e Abastecimento

Figura 2.1-1 Exportações agrícolas de 1992 a 2001

2.2 Gestão de risco de preço em mercados futuros

Antes de adentrar o assunto, urge entender o conceito de risco inserido no contexto do comércio de *commodities* agrícolas. Para tanto, algumas definições de risco são apresentadas abaixo, de modo que o leitor possa abstrair um conceito para si.

Houaiss (2001) define risco como: “1. probabilidade de perigo, geralmente com ameaça física para o homem e/ou para o meio ambiente 2. probabilidade de insucesso, de malogro de determinada coisa, em função de acontecimento eventual, incerto, cuja ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados 3. em contratos de seguro, incidente que acarreta indenização 4. responsabilidade ou encargo acerca da perda ou do dano por situação de risco”

Uma outra definição de risco, segundo o departamento de agricultura dos Estados Unidos, seria: “risco é incerteza que afeta o bem estar individual e é freqüentemente associado a adversidade e perda”

2.2.1. Panorama Histórico

O surgimento e desenvolvimento dos mercados futuros, hoje centralizados na forma de bolsas de mercadorias e futuros em todo o mundo, têm seus primórdios nas antigas praças atenienses e, posteriormente, nas romanas. Na Grécia antiga, o local onde os comerciantes se encontravam era chamado de agora, enquanto que em Roma possuía o nome de fora vendalia.

Na Europa do século XII, as feiras medievais já eram bastante desenvolvidas e especializadas, ao ponto em que existiam praças específicas onde mercadores ingleses, holandeses, espanhóis, franceses ou italianos se encontravam para fazer comércio. Já no século XIII, as primeiras cláusulas de regulação e punição em caso de descumprimento de contratos de compra e venda de mercadorias foram desenhadas. Há registros de associações de mercadores ingleses que obtiveram junto a autoridades locais o direito de arbitrar *disputas* comerciais por regras próprias.

Com o desenvolvimento dos transportes e das comunicações, as feiras regionais cedem lugar a grandes centros de comércio e agora, não mais ao ar livre, mas em

estabelecimentos próprios para tal fim. Data do século XVIII na cidade de Bruges (Bélgica), uma das primeiras “bolsas” já nestes moldes.

Já o primeiro contrato futuro de que se tem notícia, data de 1730 e foi lavrado no Mercado de Arroz de Dojima, Japão. A partir de 1850, o desenvolvimento dos contratos futuros se fez mais forte e ganhou impulso com a padronização dos mesmos, ou seja, com o estabelecimento de padrões de qualidade do ativo, tamanho do contrato, data da entrega, entre outras cláusulas bem definidas.

Após este breve panorama histórico sobre desenvolvimento dos mercados futuros, é preciso que o leitor entenda como é possível utilizar-se desses para gerir efetivamente os riscos associados ao preço de um ativo, no nosso caso, uma *commodity* agrícola.

2.2.2. Operações em Mercados Futuros

Os mercados futuros, como dito no item anterior, surgiram como consequência natural do comércio de produtos agrícolas, mas hoje em dia contemplam os mais diversos tipos de ativos como, por exemplo:

Ativos financeiros: nesta categoria encontram-se o dólar futuro, a taxa de juros, os índices diversos como o Ibovespa, entre outros;

Commodities: aqui encontram-se o açúcar, algodão, café, soja, óleo de soja, cacau, trigo, suco de laranja congelado, arroz, boi gordo, ouro, cobre, alumínio, gasolina, álcool, gás natural, entre outras.

Quanto à classificação dos participantes dos mercados futuros, estes podem ser divididos em duas categorias, conforme o objetivo que os levam a operar neles. Se o objetivo ao entrar em um contrato/operação futura é o de se proteger contra um movimento desfavorável de preços de determinado ativo, os participantes são chamados de *hedgers* pois procuram proteção (*hedge* do inglês significa proteção). Se, por outro lado, a motivação é auferir lucros financeiros, estes são chamados de investidores ou especuladores. Além da mera diferença de nomenclatura dada a um

ou a outro grupo, é importante frisar que estes operam de maneiras diferentes, à luz de diferentes técnicas e análises.

Enquanto um grupo procura diminuir a sua exposição à flutuação de preços, por exemplo travando um preço de venda futuro que garanta uma receita capaz de pagar seus custos diretos, indiretos e de gerar uma margem de lucro, o outro grupo, muitas vezes, é quem toma este risco para si, na esperança de conseguir um retorno financeiro correspondente.

Para entender como um *hedger* opera na bolsa, urge entender, primeiro, a natureza do seu negócio, uma vez que as características deste geram riscos específicos e necessidades específicas de proteção.

Como o presente trabalho de formatura utilizará uma estrutura de proteção idealizada para um “vendedor” de uma *commodity* para servir de base aos testes do método proposto, será feita, agora, uma breve explicação sobre o ciclo de produção/venda de um produto agrícola.

2.3 O ciclo agrícola e o ciclo do *hedge*

O ciclo agrícola se inicia, claramente, com o plantio ou semeadura da seara. Nesta fase, são lavrados boa parte dos contratos de venda com grandes cerealistas, armazéns e companhias de abastecimento para a venda no mercado interno, ou, então, com as companhias de importação e exportação (chamadas de trading houses), caso o destino final da produção seja o mercado mundial.

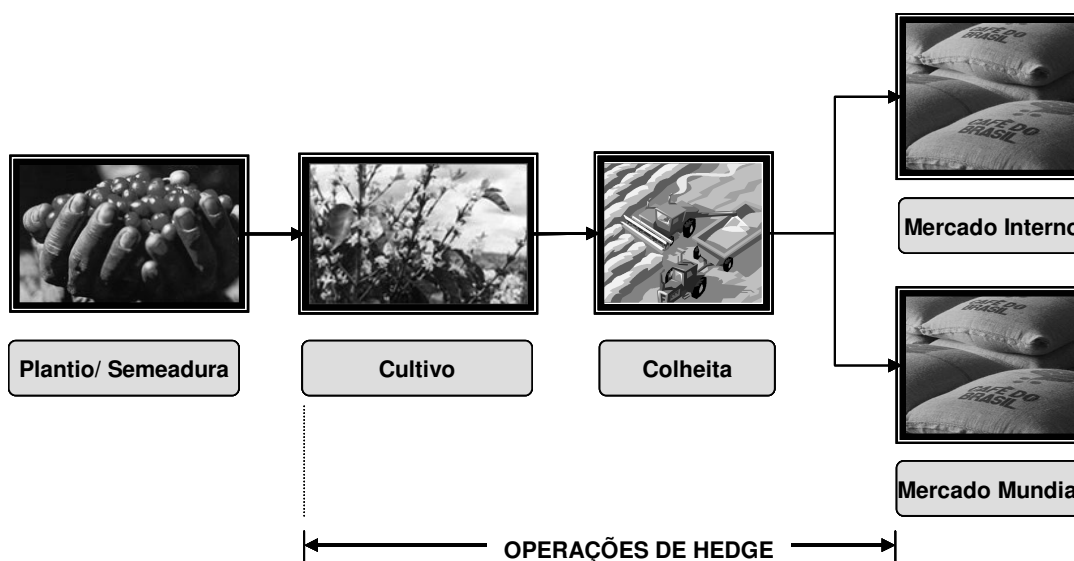
Os contratos de compra/venda futura, no mercado físico, são contratos comerciais bilaterais onde todas as características técnicas da mercadoria, forma de entrega e/ou embarque, prazos, quantidade, preço referencial e penalidades estão bem definidos e descritos. Assim, em um contrato de exportação de açúcar, encontram-se todas as informações pertinentes à qualidade do açúcar, quantidade a ser exportada, datas de embarque do açúcar, multas por atraso de embarque ou prêmios por adiantamento, terminal portuário, e preço referencial (por exemplo o do contrato de açúcar No.11 da bolsa de Nova Iorque). Em um contrato como este, o preço futuro a ser pago pela

mercadoria é normalmente calculado pela média dos vários preços pelos quais o produtor vendeu açúcar na bolsa durante as suas operações de *hedge*, descontado-se um certo prêmio. Por exemplo, poderíamos ter a média igual a 7,20 c/lb e a “*trading*” pagaria ao produtor 7,15 c/lb.

Analogamente aos contratos comerciais no mercado físico, existem os contratos futuros negociados em bolsa. Estes contratos possuem um tamanho especificado e também ditam padrões de qualidade, prazos de entrega, bem como disposições acerca de procedimentos inerentes à operação em bolsa, como o são as disposições sobre o depósito de margens de garantia e liquidações. Vale observar que as operações de proteção de preço só fazem sentido se o ativo especificado no contrato futuro for igual ao ativo especificado no contrato comercial entre a *trading* e o produtor. Este fato, por sua vez, faz com que o contrato comercial referencie não só o preço do ativo negociado em determinada bolsa, como, também, os padrões de qualidade do ativo adotados pela mesma. No apêndice I encontram-se exemplos de contratos comerciais de exportação de açúcar e de contratos futuros de bolsa.

Lavrados os contratos comerciais de exportação com a(s) *trading*(s), o produtor inicia as suas operações de proteção “fixando” o preço conforme acredita ser o preço futuro atraente ou não. Ao longo do ano, o produtor continua gerindo seus contratos comerciais de venda e suas operações de proteção de preço nas bolsas ou nos mercados de balcão.

À medida em que o produtor vai colhendo a sua safra e as datas de embarque vão se aproximando, a sua receita também se aproxima. Inicia-se, portanto, a liquidação das operações com futuros. O diagrama a seguir fornece uma idéia clara do ciclo comercial e de *hedge* de um exportador agrícola.



Elaborado pelo autor

Figura 2.3-1 Ciclo de produção e hedge

Feita esta explanação geral sobre o ciclo de produção e venda do produto agrícola, o leitor terá condição de entender melhor, do ponto de vista técnico, como se dá a utilização dos mercados futuros como instrumento de gestão de riscos de preço.

2.3.1. O mecanismo de proteção

A utilização dos mercados futuros para a proteção de preço de um ativo parte da seguinte premissa e, ao mesmo tempo, evidência:

“Na data de vencimento de um contrato futuro, o preço futuro de um ativo converge para o preço spot (do dia, no físico) do mesmo ativo e é igual ou muito próximo a este último”.

A convergência dos preços spot e futuro de um ativo negociado em um mercado futuro acontece graças a um mecanismo automático de regulação do próprio mercado, de modo que não aconteçam arbitragens entre o mercado físico e o futuro. Para entender melhor esta afirmação, suponha que um dia antes do vencimento de determinado contrato futuro, o preço do ativo cotado neste mercado fosse mais alto que aquele cotado no mercado físico. Seria possível então vender um contrato futuro

e imediatamente comprar a mesma quantidade do ativo no mercado físico. No dia seguinte, após a entrega do ativo, ter-se-ia um ganho livre de riscos.

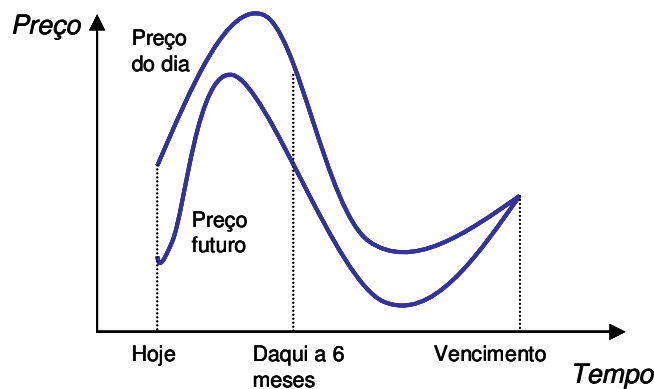
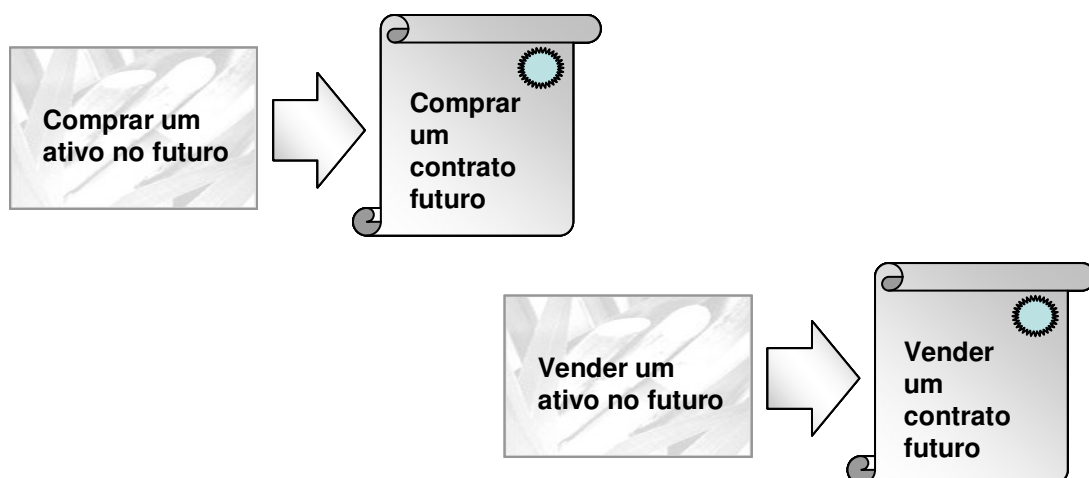


Figura 2.3-2 Convergência do preço futuro e spot de um *commodity*

Fonte: elaborado pelo autor

Como foi dito anteriormente, o contrato de compra/venda de uma *commodity* agrícola no mercado físico referencia o preço negociado em alguma bolsa de futuros e, graças a este fato, é possível fazer a proteção do preço de compra ou venda futuros. Existem, obviamente, duas situações onde se deseja proteção de preço: se tem-se a obrigação de comprar ou se tem-se a obrigação de vender em uma data futura. Nas duas situações, a maneira mais fácil de conseguir tal proteção consiste em se “travar” um preço.

De uma maneira muito pragmática, se tem-se uma obrigação de vender um ativo físico em determinada data futura, tradicionalmente, vendem-se contratos futuros sobre este ativo nos mercados futuros. No caso contrário, se tem-se uma obrigação de comprar um ativo físico de em determinada data futura, tradicionalmente, compram-se contratos futuros sobre este ativo. Uma forma mais genérica de apresentar esta estratégia seria: a proteção do preço de compra ou de venda de um ativo no mercado físico em uma data futura, é possível tomando-se, em um mercado futuro, uma posição equivalente àquela tomada no mercado físico. O quadro e o exemplo a seguir resumem esta estratégia.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2.3-3 Estratégia de proteção

Exemplo

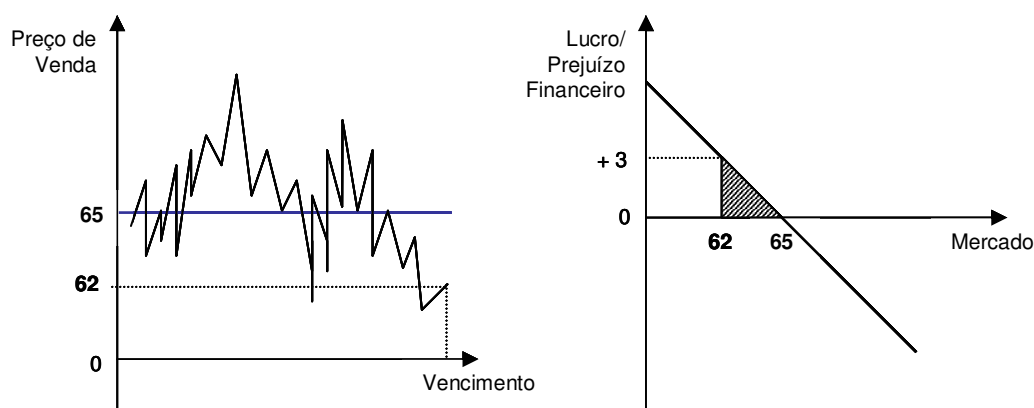
Suponha que um produtor de café do sul de Minas, tenha assinado um contrato de venda de X toneladas de café tipo arábica, para entrega daqui a um ano, a um armazém de São Paulo. Suponha também que o café do tipo arábica especificado em um contrato futuro da BM&F, com vencimento daqui a um ano, esteja sendo cotado, hoje, a 65 dólares por saca. Se o produtor acredita ser o preço corrente atraente, ele poderá, para proteger seu preço de venda, vender contratos futuros de café arábica na BM&F. Examinemos os possíveis cenários:

a) Daqui a um ano, a saca de café estará sendo vendida a 62 dólares por saca, pois houve uma super oferta de café .

b) Daqui a um ano, a saca de café estará sendo vendida a 68,5 dólares por saca, devido a uma forte geada que danificou 20% daquela safra.

No primeiro cenário, o produtor terá vendido o café na bolsa a 65 dólares por saca enquanto o mercado físico estará pagando 62 dólares por saca pelo mesmo café. Logo, o produtor conseguiu um ganho, na bolsa, de 3 dólares por saca. Ao liquidar

a sua posição na bolsa pela recompra dos contratos vendidos inicialmente, ele receberá os 3 dólares por saca e venderá o seu café ao armazém paulista por 62 dólares por saca. Logo, terá conseguido um preço de venda de $62 + 3 = 65$ dólares por saca.

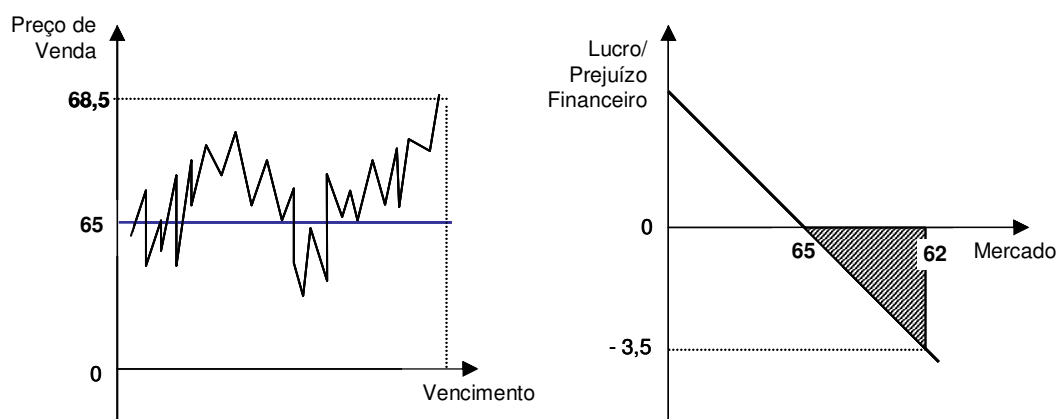


Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2.3-4 Mercado e Curva de lucro/prejuízo para o cenário (a)

No segundo cenário, temos a situação inversa. O mercado subiu, e o produtor venderá o café a 65 dólares por saca, quando o mercado vai estar vendendo a 68,5 dólares por saca. Portanto, ao fechar a sua posição na bolsa, o produtor terá perdido 3,5 dólares por saca, mas venderá o seu café ao armazém paulista por 68,5 dólares por saca, conseguindo, desse modo, um preço de venda igual a 65 dólares por saca! Coincidência? Não, a posição tomada na bolsa anulou perfeitamente⁵ a variação de preço observada no mercado físico, isso porque, evidencia-se a convergência de preços nos dois mercados, na data do vencimento do contrato futuro.

⁵ No presente exemplo foram desconsiderados, por motivos didáticos, os custos envolvidos na operação em bolsa, como o são os custos de corretagem, custos de abertura e liquidação de posições, custos de oportunidade de capital devido ao depósito de margens iniciais. Veja também que para conseguir uma proteção ainda mais efetiva da receita futura, o produtor deveria travar também o câmbio real x dólar no dia em que vendeu o café na bolsa.



Fonte: Elaborado pelo autor
Figura 2.3-5 Mercado e Curva de lucro/prejuízo para o cenário (b)

No exemplo acima foi apresentada a perspectiva do produtor ao buscar a proteção de preço. Mas, da mesma forma em que este procura a proteção para uma queda no seu preço de venda futuro, a sua contraparte, que pode ser uma *trading* ou uma indústria do segmento alimentício, procura a proteção para uma alta dos preços. Neste caso, o exemplo anterior pode ser perfeitamente pensado ao contrário para ter-se estratégia de proteção de preço comumente adotada por um consumidor.

As estratégias apresentadas até agora constituem a forma mais básica de proteção em bolsa, são de amplo conhecimento de todos, funcionam bem e têm sido utilizadas há muitos anos por *hedgers*. Mas, a utilização de contratos futuros não é a única maneira de conseguir proteção de preço em mercados futuros. Além desses, muita versatilidade e flexibilidade na forma de estruturar a proteção de preço é conseguida com a utilização das opções de compra e venda (chamadas respectivamente de *Puts* e *Calls* em inglês). As opções dão o direito ao seu possuidor de comprar, no caso de um *call*, ou de vender, no caso de uma *put*, contratos futuros a determinado preço. E aqui descortina-se um novo mundo de oportunidades com a operação de derivativos⁶, largamente apresentados o capítulo 3.

⁶ Nome dado aos instrumentos financeiros que derivam de outros já existentes. As opções são derivativos pois constituem-se em opções, de compra ou de venda, sobre os contratos futuros.

Após esta introdução sobre os mercados futuros, algumas informações específicas sobre o funcionamento das bolsas de futuros e dos mercados de balcão serão apresentadas, com o intuito de tornar ainda mais claras as diferenças e semelhanças existentes entre ambos.

2.3.2. Bolsas de Mercados Futuros

As bolsas de mercados futuros, assim como as bolsas de valores, são instituições sem fins lucrativos, cuja função é reunir investidores e *hedgers* em um único local. Para operar em uma bolsa de futuros é necessário se filiar a uma corretora de valores, a qual tem a função de executar as ordens do cliente na bolsa. Para iniciar uma nova operação é necessário depositar margens iniciais proporcionais ao volume da operação. A cada ordem dada, são pagas taxas de corretagem para a corretora.

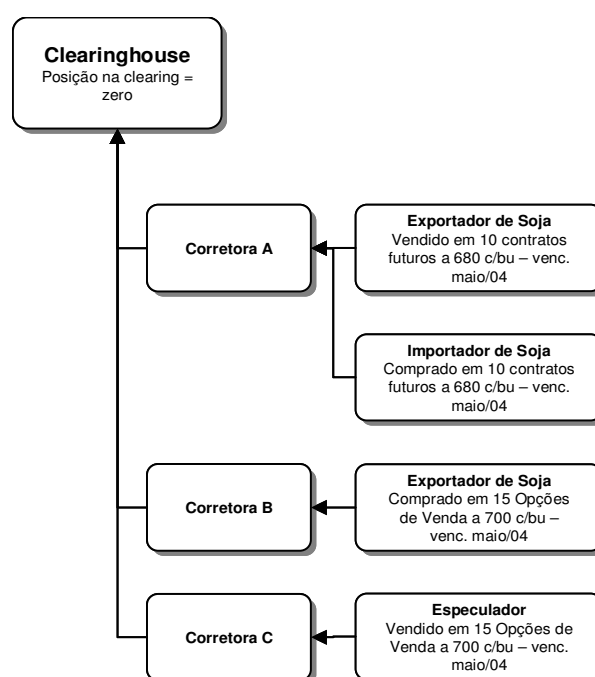


Figura 2.3-6 Fluxo de ordens na Bolsa de Valores

Toda bolsa de futuros possui em seu organograma uma entidade chamada de câmara de compensação/liquidação⁷ e que tem, basicamente, duas funções de caráter regulatório: a primeira é garantir que todo negócio fechado tenha uma contraparte, e a segunda é garantir a integridade financeira do mesmo. Para tanto, os contratos futuros e de opções são padronizados permitindo que as operações sejam feitas sem o conhecimento da contraparte que fecha o negócio.

⁷ No inglês, *clearinghouse*,

2.3.3. Mercados de Balcão (OTC - Over the Counter)

Os mercados de balcão são mercados paralelos ao da bolsa onde as operações acontecem sempre entre uma instituição financeira e uma outra entidade. Nestes mercados são negociados, além dos contratos futuros (denominados forward contracts) uma série de outros derivativos, especialmente opções. Uma característica marcante destes mercados é a flexibilidade dos contratos e das estruturas possíveis. O grau de customização de uma estrutura de *hedge* é extremamente alto e normalmente essas estruturas são projetadas para suprir necessidades específicas de cada cliente.

Para ter um referencial comum e público, e até mesmo para se ter uma base de comparação, as estruturas de *hedge* referenciam o preço negociado em alguma bolsa do mundo. Para iniciar uma nova operação não são exigidas margens iniciais do cliente. Um fato curioso é que todas as ligações telefônicas são gravadas para resolver possíveis litígios.

3.DERIVATIVOS

Neste capítulo serão introduzidos os conceitos básicos sobre os derivativos, como os *swaps*, *forwards* e as opções, privilegiando o estudo e discussão destas últimas. O conceito, classificação, valor e precificação segundo o modelo de Black & Scholes, além de algumas das mais comuns estratégias de proteção de preços com

3.1 Forwards e Swaps

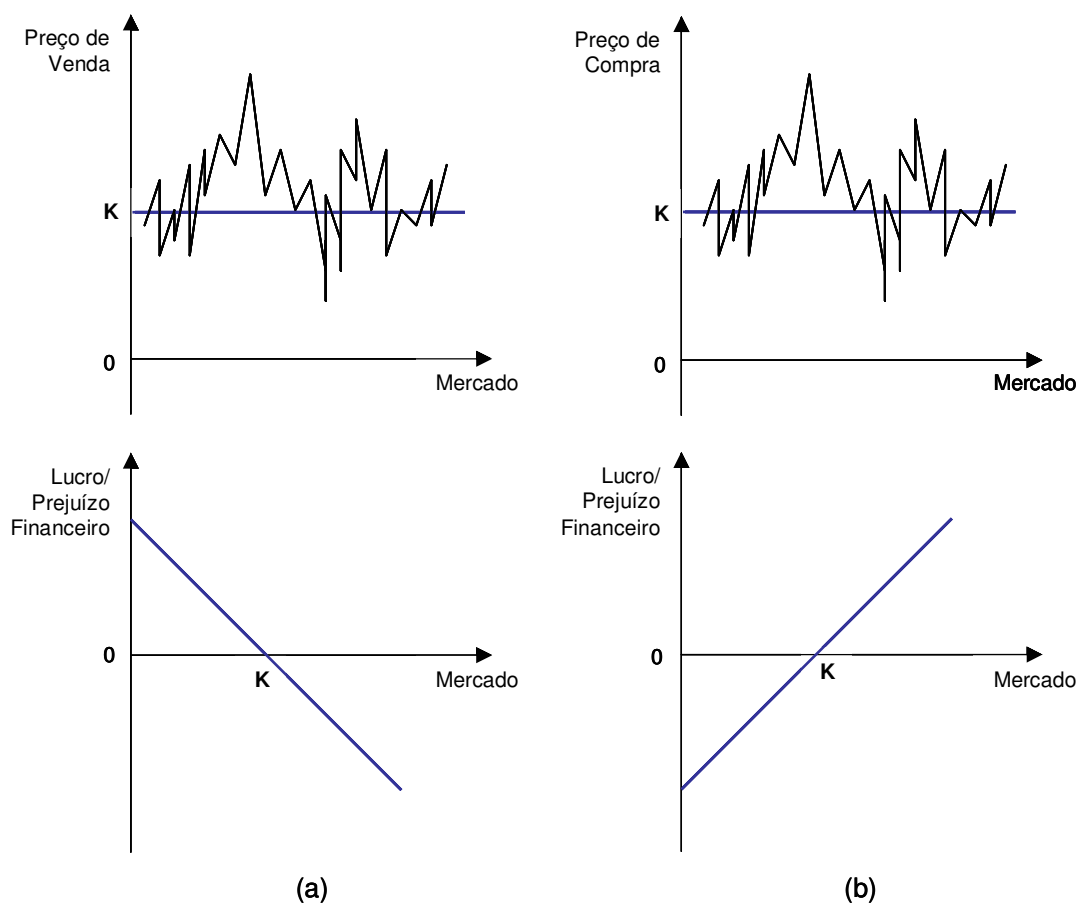
Forwards e swaps são nomenclaturas diversas para contratos financeiros bastante similares, e ambos envolvem obrigações futuras entre duas partes. Os próximos itens esclarecerão as diferenças e similitudes entre ambos.

3.1.1. Forwards

Os *Forward Contracts* são os derivativos mais simples que existem e derivam dos contratos futuros negociados em bolsa. Também representam obrigações de compra e venda futura de algum ativo e tem seu preço de referência baseado em alguma bolsa de futuros. De outra maneira, podemos dizer que os *forward contracts* estão para os mercados de balcão, assim como os contratos futuros estão para as bolsas de futuros. Do ponto de vista de gestão de risco, o travamento de um preço mínimo de venda para um produtor conseguido pela venda de futuros na bolsa, é exatamente igual àquele conseguido pela venda de forwards em um mercado de balcão.

Do mesmo modo que em um contrato futuro, uma posição “comprada” ou “vendida” em um *forward* traduz uma intenção de proteção associada a uma visão do mercado, e não necessariamente uma expectativa de um movimento direcional de preços. Em outras palavras, um produtor agrícola vai sempre vender *forwards* ou futuros e assumir uma posição “vendida”, pois ainda que ele possua a expectativa de que os preços possam subir e gerar uma receita melhor, ele não vai querer contar com a sorte, uma vez que a sua intenção ao operar em mercados futuros e a sua visão do seu mercado em particular são aquelas de quem busca proteção de preço.

De modo a melhorar o entendimento financeiro de estar “vendido” ou “comprado” em um forward, são apresentadas abaixo as curvas de preço de venda/compra e lucro/prejuízo para as referidas posições:



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.1-1 Curvas e lucro/ prejuízo para posições compradas e vendidas em forwards

Assumindo-se S_T como o nível em que o mercado está negociando o ativo no vencimento do forward, e K o preço do ativo, a determinação do lucro/ prejuízo para as duas possíveis posições é conseguida por:

Posição Comprada

$$LP = S_T - K, \text{ pois compra-se por } K \text{ um ativo que vale } S_T$$

Posição Vendida

$$LP = K - S_T, \text{ pois vende-se por } S_T \text{ um ativo que vale } K$$

Por fim, observe que as curvas de lucro/prejuízo para as posições comprada e vendida, possuem coeficiente angular igual a um e menos um, respectivamente. Mais adiante veremos que, no caso das opções, esta situação só ocorrerá no vencimento das mesmas.

Outra observação importante aqui, diz respeito a quanto custa vender ou comprar futuros ou *forwards*. A resposta é: nada⁸. Isto pode parecer estranho, mas fica bastante claro se imaginarmos que a probabilidade de o mercado negociar acima ou abaixo do seu nível atual é 50% ou, em outras palavras, a probabilidade de que se vá auferir um lucro ou prejuízo um instante logo após assumir uma posição é a mesma.

Apesar de tantas semelhanças entre os forwards e os contratos futuros, algumas diferenças entre os dois instrumentos existem e são apresentadas na tabela comparativa abaixo.

Tabela 3-1 Diferenças entre Forwards e contratos futuros

Forwards	Contratos Futuros
Negociados nos mercados de balcão	Negociados nas bolsas
Não estandarizados	Estandarizados
Normalmente com uma data de entrega futura	Mais de uma data de entrega futura
O ajuste da posição coincide com a liquidação financeira no vencimento do contrato	Ajustes diários da posição mediante o depósito de margens de garantia
Ao final do contrato é comum que haja a liquidação financeira da posição	Normalmente acontece a liquidação da posição em bolsa antes do vencimento

Fonte: Adaptado de "Commodity Trading Manual", publicação da bolsa de Chicago (Chicago Board of Trade)

Nota-se, pelo exposto acima, que um dos aspectos que caracteriza os forwards e os diferencia dos contratos futuros, diz respeito à rigidez dos termos constituintes do contrato. Enquanto na bolsa há a necessidade de instrumentos padronizados para garantir liquidez e facilitar a negociação no pregão e os próprios controles da bolsa, nos mercados de balcão a customização dos contratos é um dos diferenciais. Esta

⁸ Por ser uma discussão teórico-conceitual, desconsideram-se os custos de corretagem ou outros custos.

customização se faz ainda mais presente no campo das opções, onde poder-se-ia dizer que as limitações são, em última análise, matemáticas.

3.1.2. Swaps

Os swaps são definidos na literatura como “acordos entre duas empresas para a troca de fluxos monetários no futuro”. Podem ser vistos, também, como uma generalização dos forward contracts, pois ao invés de se ter somente uma troca de fundos no futuro, têm-se algumas. Em um swap, são definidas as datas em que ocorrerão os pagamentos, as taxas utilizadas, o método de cálculo utilizado, além de outros aspectos que concernem, por exemplo, a procedimentos em caso de default⁹.

A necessidade e motivação para que uma empresa entre em um swap com uma contraparte são, normalmente, associadas à gestão do fluxo de caixa da mesma, pois os swaps possibilitam, por exemplo, trocar um fluxo de caixa variável por um constante.

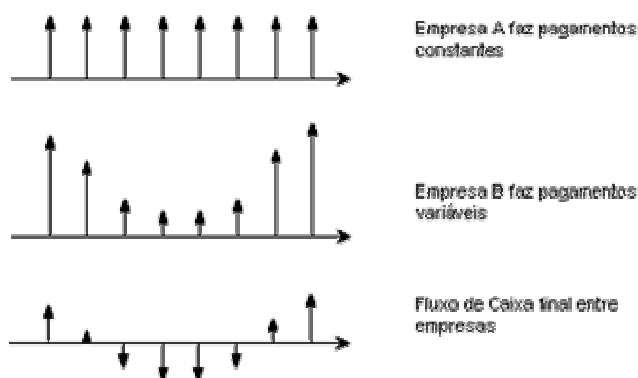


Figura 3.1-2 Fluxo de caixa de um Swap entre duas empresas

O tipo mais comum de swap é o swap de juros chamado de “*plain vanilla interest rate*”. Neste tipo de swap uma empresa se compromete a realizar n pagamentos de juros a uma taxa constante, sobre um montante pré-estabelecido, durante m anos. Em contrapartida, ela receberá n pagamentos de juros a uma taxa variável sobre o mesmo montante, também durante m anos. Ou seja, as duas partes trocarão fluxos de caixa no futuro. Na figura abaixo tem-se uma ilustração do que acontece na prática.

⁹ Descumprimento de obrigação contratual envolvendo pagamento. A maioria dos contratos de balcão se baseiam no *ISDA Master Agreement* que é um contrato mãe onde nomenclatura, terminologia e disposições gerais e legais sobre as operações com derivativos são normalizadas. O ISDA (*International Swaps and Derivatives Association*) é uma associação sediada em Nova Iorque.

Para entender melhor como funcionaria um swap entre duas empresas, vejamos o seguinte exemplo.

Exemplo 1

Um swap de quatro, anos com pagamentos semestrais, será realizado entre duas empresas, a “Preço Variável S/A” e a “Preço Fixo S/A”. Preço Variável S/A, pagará a LIBOR¹⁰ de seis meses à Preço Fixo S/A, enquanto esta última pagará 6% aa à primeira (capitalizados semestralmente). Os pagamentos foram acertados sobre um principal de R\$1,000,000. Suponha que, hoje, a LIBOR para seis meses esteja em 3,5%. Logo, a Preço Variável S/A pagará R\$35,000 e receberá R\$30,000, gerando uma saída de caixa de R\$5,000. Na tabela abaixo é apresentado o fluxo de caixa da operação.

Tabela 3-2 Fluxo de caixa de um swap – exemplo 1

Data	LIBOR de 6 meses	Preço Variável S/A	Preço Fixo S/A	Fluxo de caixa líquido (Preço Fixo S/A)
hoje	3,50%			
daqui a 6 meses	3,25%	3,50%	-3,00%	0,50%
daqui a 12 meses	2,50%	3,25%	-3,00%	0,25%
daqui a 18 meses	2,10%	2,50%	-3,00%	-0,50%
daqui a 24 meses	2,10%	2,10%	-3,00%	-0,90%
daqui a 30 meses	2,50%	2,10%	-3,00%	-0,90%
daqui a 36 meses	3,35%	2,50%	-3,00%	-0,50%
daqui a 42 meses	3,65%	3,35%	-3,00%	0,35%
daqui a 48 meses		3,65%	-3,00%	0,65%

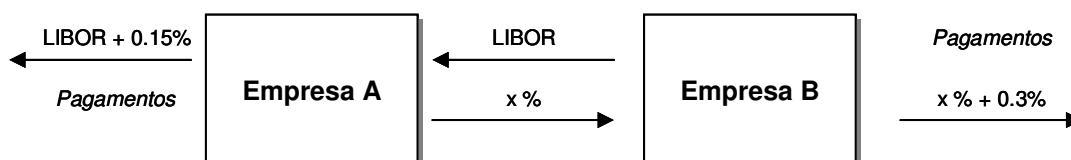
Exemplo 2

Mas, como foi dito anteriormente, uma empresa pode lançar mão de um swap para converter um fluxo de caixa variável em um fluxo de caixa constante. Suponha, por exemplo, que a empresa “A” realize pagamentos a uma taxa de LIBOR (de seis meses) + 15 pontos¹¹. A empresa “A” deseja transformar o fluxo de caixa de

¹⁰ LIBOR (London Interbank Offer Rate) é a taxa de juros usada em operações financeiras entre duas instituições. A LIBOR é a taxa que equaliza a oferta e a demanda de fundos entre instituições.

¹¹ 1 ponto é definido com um centésimo de centésimo, ou 0,01%.

pagamentos em um fluxo de caixa constante. Para isso, ela precisará achar uma empresa “B” que queira trocar uma taxa constante por uma LIBOR de seis meses. A figura abaixo ilustra a operação.

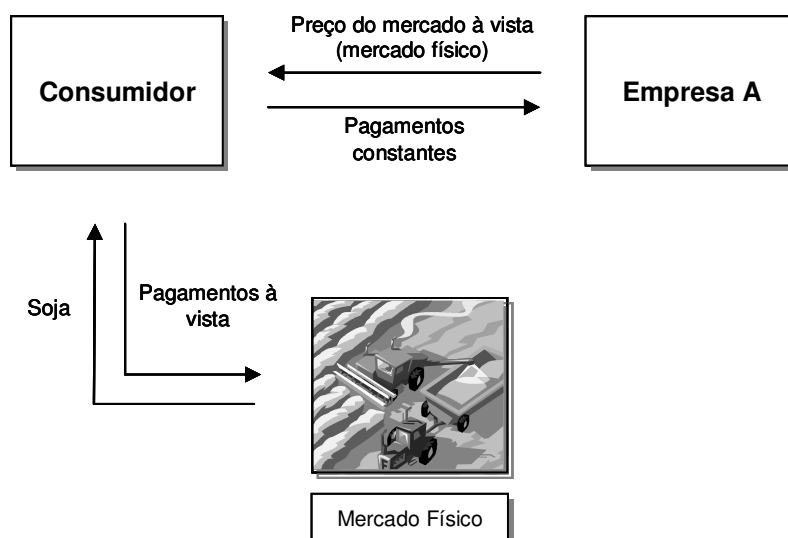


Fonte: Adaptado de Hull (2003)

Figura 3.1-3 Swap de Libor entre duas empresas

Exemplo 3

Um terceiro exemplo elucidará ainda mais o uso de swaps. Aqui, temos o exemplo de um consumidor de soja que realiza compra mensais. Este consumidor, desejando fixar seu fluxo de caixa futuro, pode procurar uma contraparte que deseje pagar o preço variável do mercado físico de soja para uma quantidade X de soja, recebendo, em contrapartida, pagamentos constantes. A figura abaixo ilustra a operação:



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.1-4 Swap de preço fixo por preço variável para aquisição de insumos de soja

Como muitas vezes não é possível encontrar uma contraparte que deseje realizar o swap nos mesmos níveis do proponente, são as instituições financeiras que entram em ação agindo como contraparte.

A precificação de um swap de *commodity* é bastante simples e intuitiva. Considere o seguinte swap onde a parte A recebe o preço à vista (P_i) para N toneladas de uma *commodity* ao longo de 10 pagamentos, pagando, para tanto, um preço C constante à parte B. Para calcular C basta, iterativamente, resolver a equação abaixo até zerar V.

$$V = \sum_{i=1}^{10} (P_i - C) \times N \times d(0, i) \quad \text{Eq.3.1}$$

Onde:

V: Valor presente do fluxo de caixa

P_i : Preço à vista da *commodity* no mercado físico

C: Pagamento fixo a ser feito

N: Volume da *commodity*

$d(0, i)$: taxa de desconto do período i até hoje

3.2 Opções

A introdução das opções nas bolsas de futuros aconteceu no início dos anos 80 ma, antes disso, opções já eram negociadas nos mercados de balcão. O surgimento das opções como instrumentos financeiros significou para o mundo da gestão de riscos, a abertura de uma nova dimensão de possibilidades. O desenvolvimento das opções e a sua utilização como novos instrumentos de proteção introduziram um grau de flexibilidade na criação de estruturas de *hedge*, antes impossível com a simples utilização dos contratos futuros.

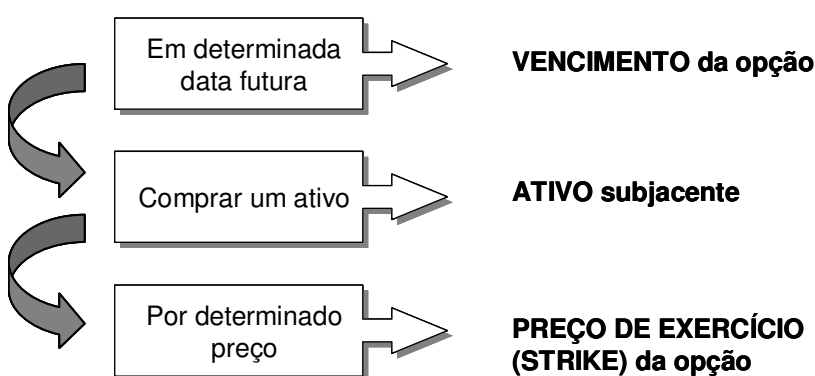
Agora, ao invés de simplesmente “travar” um preço de venda ou compra futuros, um produtor ou um comprador podem tirar proveito de movimentos direcionais do mercado e conseguir receitas ou custos melhores, melhorando, assim, a sua performance em seus respectivos mercados.

Sem dúvida mais claros e sensíveis, os benefícios advindos do uso das opções, como instrumentos na gestão de riscos, não se restringem somente a esta esfera. Muita pesquisa acadêmica na área dos derivativos vem sendo feita no sentido de criar novas opções e conseqüentemente, novos modelos de precificação, bem como no sentido de melhorar os modelos já existentes.

A seguir será feita uma vasta discussão sobre as opções, buscando transmitir o conceito de opção, a classificação existente das mesmas, alguma noção sobre a composição do valor de uma opção, as fórmulas de Black & Scholes para a precificação de opções européias e algumas estratégias de gestão de riscos usualmente conseguidas pelo uso de opções. Não é intenção do autor, todavia, esmiuçar e detalhar a matemática envolvida nos modelos de precificação das opções, por não ser este o escopo do presente trabalho de formatura.

3.2.1. Conceito da Opção

Segundo Wilmott (1995), uma opção financeira simples como um *European Call*, ou uma opção de compra européia, é um contrato onde o comprador da opção poderá:



Fonte: Elaborado pelo autor
Figura 3.2-1 Definição de uma opção segundo Wilmott

Aqui, a palavra “poderá” implica que o possuidor de uma opção tem em suas mãos um direito assegurado, mas não uma obrigação. Em contrapartida, o vendedor de uma opção tem uma possível obrigação. Em outras palavras, o comprador de um *call* ao exercer a sua opção, terá o direito de comprar um ativo da contraparte a um preço pré-estabelecido (*strike* da opção). O vendedor da opção é, portanto, obrigado a vender o ativo ao preço de exercício, ainda que este não seja um preço de venda atraente.

Além do conceito “contratual” do que vem a ser uma opção, é fundamental que o leitor entenda que o objeto ao qual se refere uma opção, é um contrato futuro. Portanto, uma opção pode ser entendida como um direito sobre a compra ou venda de um contrato futuro. Assim, quando se compra um *call* tem-se, do ponto de vista legal, um contrato bilateral (entre a bolsa e um participante ou entre duas partes no caso dos mercados de balcão), mas tem-se, também, do ponto de vista de operação financeira, um instrumento análogo ao contrato futuro, ao permitir a compra/ venda de determinado ativo a determinado preço pré-estabelecido.

Da mesma forma que se assume uma posição comprada ou vendida em contratos futuros ou em forwards, se assume uma posição comprada ou vendida em opções. Estar comprado em um *call* significa que se possui um direito de comprar um ativo a determinado preço no futuro, ao passo que estar vendido em um *call* significa ter uma possível obrigação de vender a determinado preço no futuro (perceba que a venda de uma *call* implica na venda de um direito).

Para um *hedger*, a diferença básica entre o contrato futuro e a opção, no que diz respeito à operação, reside no fato de que, no primeiro, assume-se uma obrigação com contraparte de venda ou compra do ativo desde o momento em que se lavra o contrato, ao passo que, quando se operam opções, existe um direito que pode não ser exercido. Do ponto de vista de custos, a operação com opções acarretará um custo para o comprador da opção, que é o prêmio da opção, além dos custos de corretagem normais.

Os parâmetros que caracterizam e distinguem uma opção simples de outra são:

- **Ativo subjacente**
- **Preço de exercício (*Strike*):** preço de compra ou venda assegurado no contrato.
- **Vencimento:** vencimento da opção referenciado sobre o vencimento de um determinado contrato futuro. Normalmente, o vencimento da opção é antecipado alguns dias em relação ao vencimento do correspondente contrato futuro.
- **Tipo da opção¹²:** de compra ou de venda.
- **Estilo:** americana, européia, asiática, etc.

A seguir será feita uma discussão mais aprofundada sobre o comportamento, classificação, valoração e precificação das opções.

3.2.2. Classificação das Opções

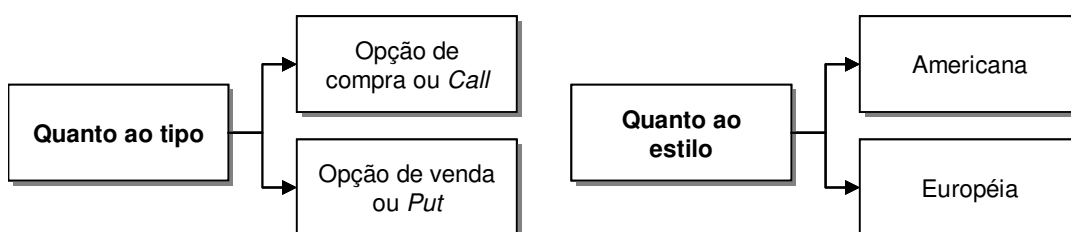
As opções são divididas, quanto ao seu tipo, em *calls* ou *puts*, respectivamente, opções de compra ou opções de venda. Este é o primeiro critério de divisão dentro das opções. Feita esta distinção, as diferenças entre as opções dizem respeito ao seu comportamento. Além das opções simples, também chamadas de opções *vanillas*, existem opções com barreiras, e opções de preço médio, entre outras. Todas estas opções garantem um preço máximo de compra (no caso de um *call*) ou um preço mínimo de venda (no caso de uma *put*), mas o que as diferencia, ora é o modo como se calcula o lucro/prejuízo, ora é o fato de que a opção possui um preço de exercício variável, etc.

Quanto ao seu estilo, uma opção é dita européia quando o exercício¹³ da mesma só é possível no seu vencimento, e americana, quando a qualquer momento, da data da

¹² Esta é uma macro divisão. A partir de uma opção de compra, tem-se uma vasta gama de comportamentos e modelos de opções de compra, o mesmo acontecendo com as opções de venda.

¹³ Exercer uma opção significa passar a estar comprado ou vendido em um contrato futuro assumindo, portanto, a curva de lucro/ prejuízo de um futuro.

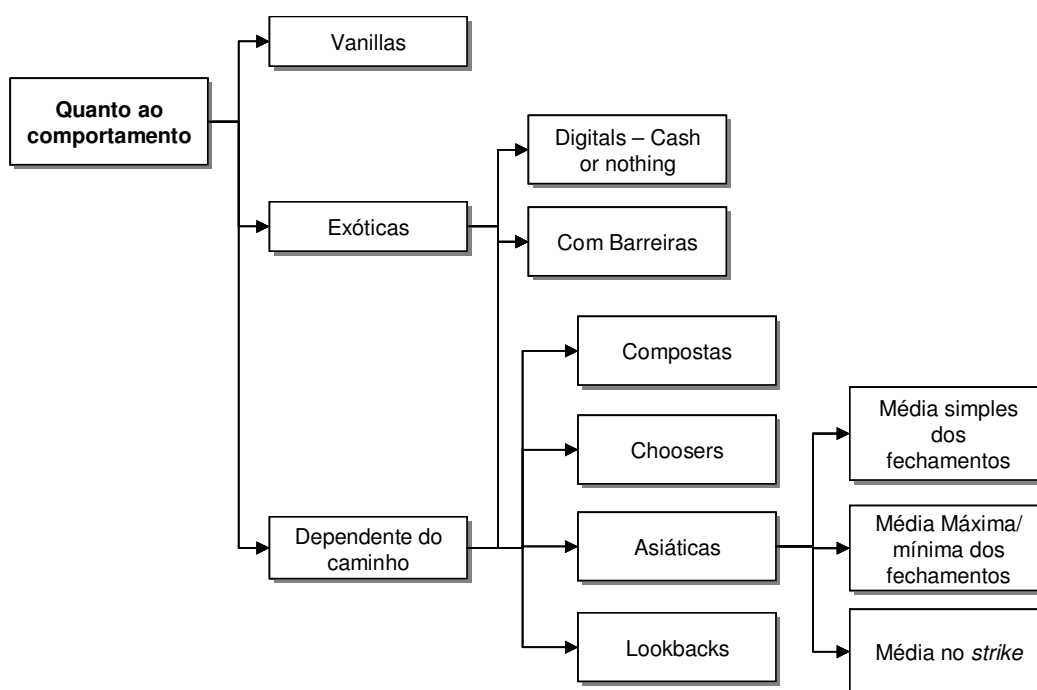
compra da opção até o seu vencimento, for facultado o exercício da mesma. A figura abaixo resume esta primeira classificação:



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.2-2 Classificação de uma opção quanto ao tipo e estilo

Frente à grande diversidade de comportamentos e mecanismos existentes hoje nas opções negociadas nos mercados de balcão, uma classificação rígida é bastante difícil, ainda mais quando se agregam critérios ligados aos modelos de precificação. Ainda assim, uma tentativa de ilustrar um pouco deste universo de comportamentos é apresentada na figura abaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor
Figura 3.2-3 Diagrama de classificação de opções

Uma breve apresentação das características das opções apresentadas na figura 3.2-4 anterior pode ser encontrada na tabela abaixo:

Tabela 3-3 Comportamento de opções

Opção	Descrição
Vanillas	Opções com comportamento simples. Strike fixo. Payoff no vencimento dado por: i) $\max(\text{strike} - \text{spot}, 0)$ para put e ii) $\max(\text{spot} - \text{strike}, 0)$ para o call
Exóticas	Opções cash or nothing: essencialmente são opções de aposta. Se o mercado atinge determinado nível o comprador pode ganhar ou perder o direito de receber um montante em dinheiro
	Com Barreiras: Opções que possuem barreiras de aparecimento e(ou) desaparecimento. Exemplo: um call de strike 6,0c/lb que só aparece se o mercado negociar a 7,0c/lb
Dependentes do caminho	Compostas: essencialmente são opções sobre opções. O comprador da opção paga um prêmio no dia da compra e em determinada data futura, se desejar ficar com a opção, paga um prêmio adicional
	Choosers: opções onde o comprador em determinada data futura decide se quer que a opção seja uma put ou um call
	Asiáticas: Média simples dos fechamentos: O <i>payoff</i> da opção é dado por: i) $\max(\text{média dos fechamentos do mercado} - \text{strike}, 0)$ no caso de um call e ii) $\max(\text{strike} - \text{média dos fechamentos do mercado}, 0)$
	Asiáticas: Média máxima/mínima dos fechamentos: O <i>payoff</i> da opção é dado por: i) $\max(\text{se}(\text{fechamento} > \text{strike}, \text{fechamento}, \text{strike}) - \text{strike}, 0)$ no caso de um call e ii) $\min(\text{strike} - \text{se}(\text{fechamento} < \text{strike}, \text{fechamento}, \text{strike}), 0)$
	Asiáticas: Média no strike: o strike é calculado como uma média dos fechamentos, <i>Payoff</i> calculado como nas vanillas só que ao invés do strike utiliza-se a média do mercado
	Lookbacks: <i>payoff</i> no vencimento calculado como nas vanillas só que no lugar do fechamento utiliza-se a máxima do mercado no caso do call e a mínima no caso da put.

Fonte: Elaborado pelo autor

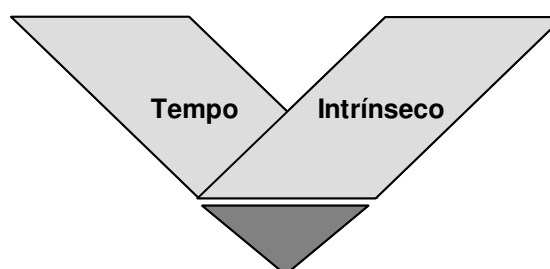
Diferentemente de um contrato futuro de bolsa onde, não há custo em se comprar ou vender contratos, a não ser pela corretagem paga, as opções custam dinheiro, custo esse que é chamado de prêmio. Isso porque, quem compra uma opção compra um direito que possui um preço justo¹⁴. Entretanto, se uma opção possui um prêmio a qualquer instante, este fato acontece porque o direito que esta opção guarda possui

¹⁴ A precificação de opções é um tópico bastante complexo e muita pesquisa tem sido dedicada este assunto. Por ora não será necessário abordar este tópico, pois ele não compromete o entendimento do capítulo.

um valor. Surge então a necessidade de responder à seguinte questão: como é formado o prêmio de uma opção?

3.2.3. Prêmio da opção

O valor de qualquer opção, seja ela de compra ou de venda, vanilla ou asiática, é composto por duas parcelas:



Prêmio da Opção

$$\text{PRÊMIO DA OPÇÃO} = \text{VALOR INSTRÍNSECO} + \text{VALOR DO TEMPO}$$

$$\text{VALOR INSTRÍNSECO DA PUT} = \text{MAIOR}(\text{STRIKE} - \text{SPOT}, 0)$$

$$\text{VALOR INSTRÍNSECO DO CALL} = \text{MAIOR}(\text{SPOT} - \text{STRIKE}, 0)$$

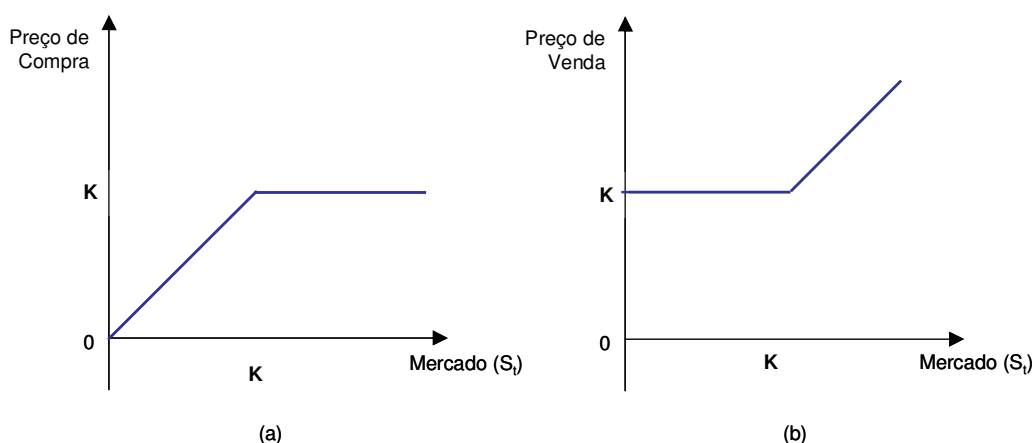
O valor intrínseco de uma opção corresponde a uma medida da posição relativa entre o mercado e o *strike* da opção.

Para caso de uma *put*, o valor intrínseco é calculado pela diferença entre o preço de exercício da opção e o nível em que o mercado está negociando o ativo, ao passo que para um *call*, o valor intrínseco da opção é determinado pela diferença entre o nível do mercado e o preço de exercício. Se, por exemplo, um produtor compra uma *put* de açúcar com preço de exercício 6,5 c/lb e vencimento em dezembro de 2003 e o mercado, daí a um mês, estará negociando a 5,5 c/lb, a *put* tem valor intrínseco de 1,0 c/lb. Dizemos então que a opção está “dentro do dinheiro” se ela possui valor

intrínseco maior que zero, “fora do dinheiro” se o valor intrínseco for “negativo” e “no dinheiro” se o preço de exercício e o mercado estão no mesmo nível.

O valor do tempo, por sua vez, corresponde a uma medida das incertezas sobre o futuro, ou então, sobre o comportamento do mercado. Sendo a imprevisibilidade dos movimentos do mercado proporcional ao horizonte de tempo observado, quanto maior este último, maior é o valor do tempo na opção. Imagine a situação em que, uma semana antes do vencimento da opção, o mercado esteja negociando a 6,5 c/lb o açúcar para daí a uma semana. Se um produtor possuísse uma opção de venda de *strike* 5,5 c/lb, a probabilidade de que esta opção entrasse no dinheiro seria bastante baixa, assim como o valor do tempo, pois, teoricamente, não acontecerão mais grandes movimentos no mercado.

Uma vez que existem dois tipos de opções, de compra ou de venda e duas possíveis posições, comprado ou vendido na opção, temos quatro curvas de preço de venda/compra (na verdade duas, pois a curva do comprador é igual à do vendedor), e quatro curvas de lucro/prejuízo. Estas curvas são apresentadas a seguir:

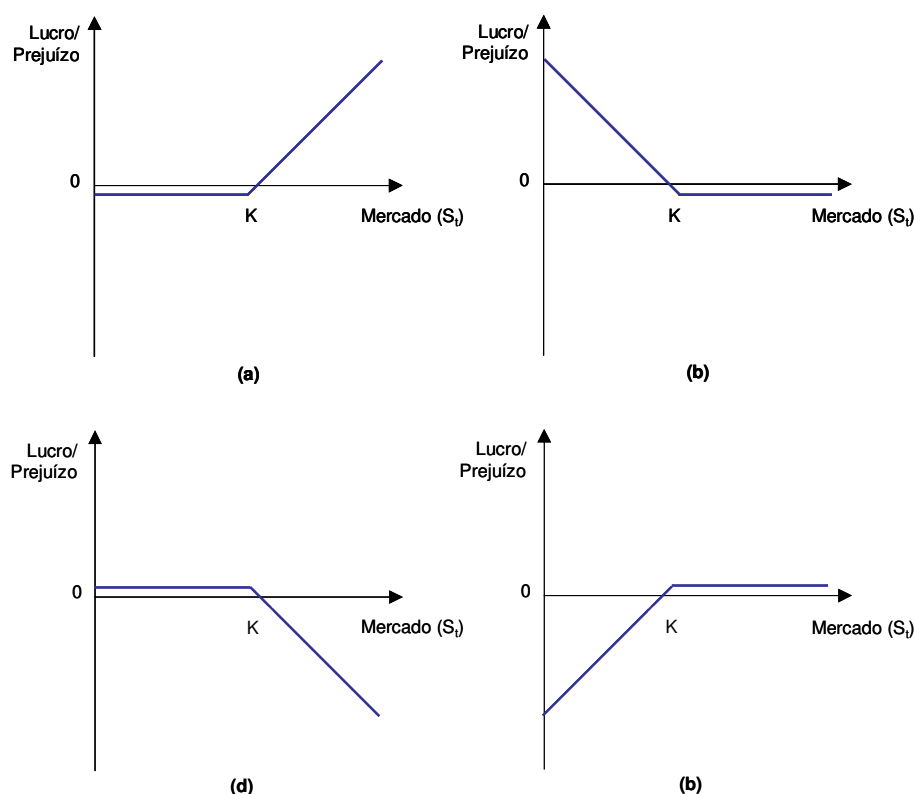


Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.2-4 Curvas de preço de compra e de venda para posições compradas em opções

Na figura acima, a curva (a) apresenta o preço de compra para uma posição comprada em *call*. Veja que o consumidor de soja que comprou um *call* de *strike* K , vai comprar a sua soja “a mercado” enquanto o preço da soja for menor do que K c/bu pois então exercerá seu *call* e terá o direito de comprar a soja a K c/bu, travando, assim, o seu preço máximo de compra.

É importante observar que estas curvas são as curvas das opções na data de vencimento, onde o valor do tempo no valor da opção já não tem tanta expressão. A figura (b) mostra o preço de venda de um produtor que comprou uma *put*. Se o mercado estiver vendendo a soja acima do *strike* da *put*, esta opção estará fora do dinheiro e o produtor vai vender a sua soja a mercado. Todavia, se o mercado, seguindo uma tendência de baixa, negociar a K c/bu, o produtor vai ter na mão um direito de vender a K c/bu enquanto o mercado estiver vendendo a, digamos, $k - 5$ c/bu.



Fonte: Adaptado de Hull (2003)
Figura 3.2-5 Curvas de lucro/prejuízo para posições compradas e vendidas em opções

3.2.4. Precificação de opções

Até agora dirigiu-se atenção ao conceito de uma opção e à utilidade que ela traz ao seu possuidor. Também foram analisados alguns exemplos e apresentadas as curvas de lucro/prejuízo bem como aquelas de preço de compra/venda. Sabe-se já que uma opção garante um direito ao seu possuidor e, portanto que esse direito deve ter um custo também, que foi chamado de prêmio da opção. Todavia, nada foi dito até agora sobre como são precificadas as opções e quais parâmetros são utilizados para tal fim. Este é o assunto abordado a partir de agora nas próximas páginas.

Parâmetros de Precificação

Os elementos que caracterizam uma opção são o tipo da opção, o ativo a que ela se refere, o tempo para o vencimento, e o preço de exercício. Do ponto de vista de precificação, as variáveis que exercem influência sobre o prêmio de uma opção são quatro:

- **Volatilidade do ativo**
- **Nível do mercado (spot)**
- **Taxa de juros**
- **Tempo para o vencimento**

Volatilidade

A volatilidade de um ativo corresponde à medida da dispersão dos preços daquele ativo, apregoados no pregão. Em outras palavras, volatilidade é sinônimo de desvio-padrão de preços e pode ser entendida, metaforicamente, como a velocidade com que os preços se movimentam em um mercado. Um mercado lento seria um mercado de baixa volatilidade, enquanto um mercado rápido seria aquele de alta volatilidade.

A volatilidade de um mercado é normalmente expressa em termos percentuais e sobre um horizonte de tempo de um ano. Assim, diz-se que a volatilidade para o café com vencimento em dezembro/03, é de 36%. Se, hoje, o mercado negocia o preço do

café a 62,5 c/lb, em um ano é de se esperar que o preço do café esteja contido no intervalo de 40c/lb a 85 c/lb. Para fins teóricos de precificação de opções, assume-se que volatilidade seja continuamente composta tal como muda o preço do ativo no pregão.

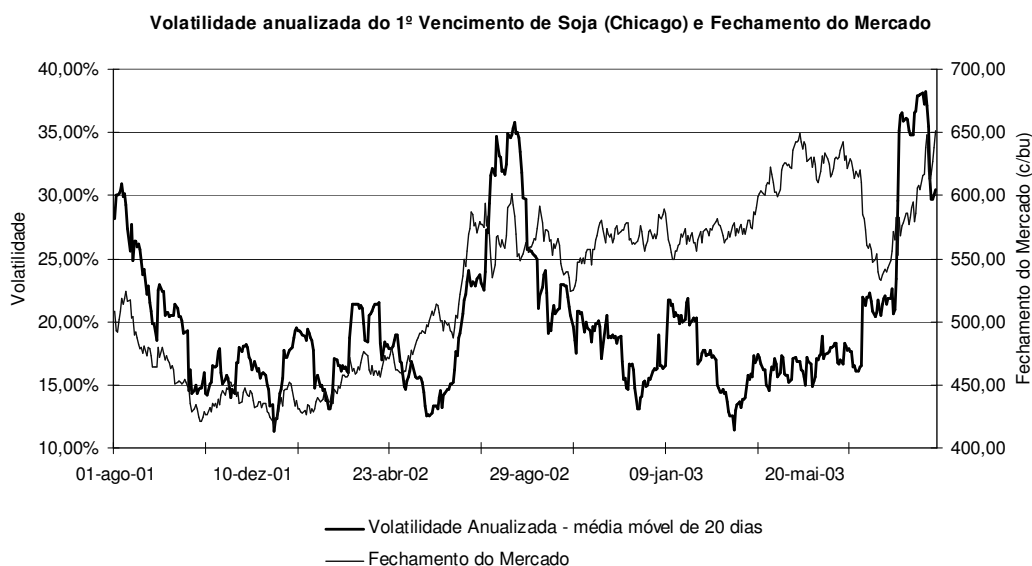
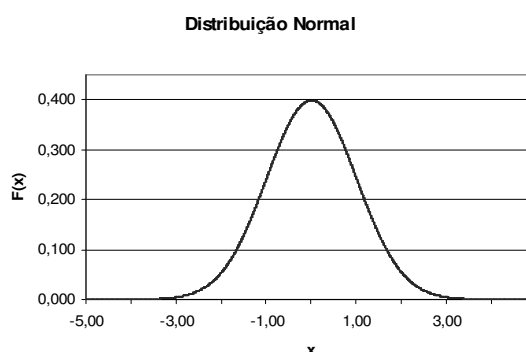


Figura 3.2-6 Gráfico de volatilidade histórica do primeiro contrato de soja

Por uma questão meramente didática, suponhamos que a distribuição de preços de um ativo siga uma distribuição normal como a da figura ao lado. O leitor pode ter a falsa impressão de que a volatilidade do ativo não influencia o prêmio da opção por ser a volatilidade simétrica em relação ao preço médio.

A falha neste raciocínio reside no fato de que uma opção possui um preço de exercício e, portanto, ela só

possuirá valor no seu vencimento se estiver dentro do dinheiro. Em outras palavras, a velocidade com que o mercado se movimenta determina se a opção tem mais chance de terminar dentro ou fora do dinheiro. Perceba que na valoração de uma posição em



contratos futuros, é mais importante saber qual a média da distribuição dos preços enquanto que na valoração de opções é mais importante conhecer a velocidade com que os preços se espalham.

Na vida real, a distribuição dos preços de um ativo segue uma distribuição de probabilidade log-normal e não normal como esperado. Este fato acontece pois o preço negociado de um ativo nunca será menor que zero. Veja que esta distribuição realmente possui uma maior densidade de probabilidade concentrada na cauda direita, uma vez que não há limitação na subida dos preços. Analisando a implicação prática que esta evidência tem na precificação de uma opção, tome, por exemplo, um *call* e uma *put* sobre o mesmo ativo, com mesmos vencimentos e respectivamente 10% fora do dinheiro. Sob esta premissa da distribuição log-normal dos preços, o *call* deverá custar mais caro que a *put* já que a cauda direita desta distribuição concentra uma maior densidade de probabilidade.

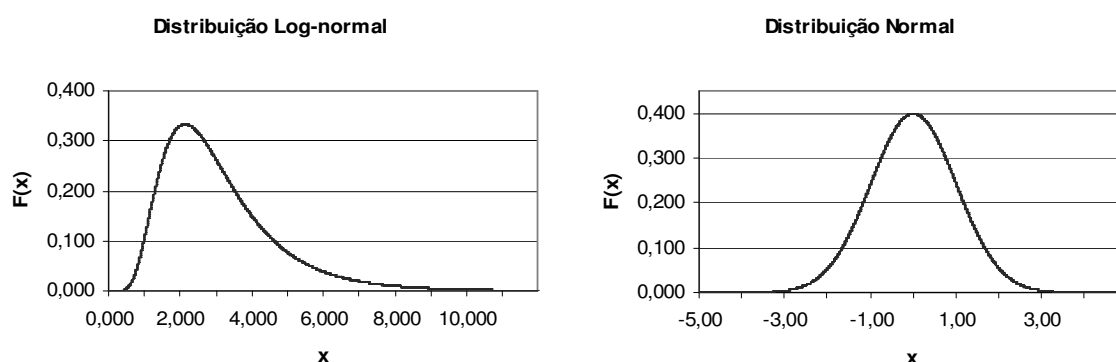
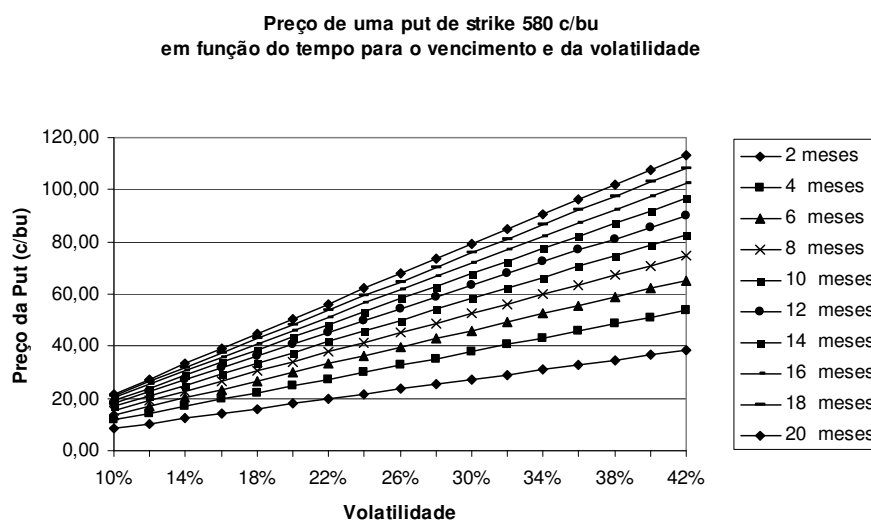


Figura 3.2-7 Curvas de distribuição de probabilidade Log-Normal e Normal

Como parâmetro de precificação, a volatilidade utilizada é a volatilidade implícita, ou seja, aquela obtida no pregão no momento da precificação. A volatilidade calculada a partir de dados históricos recebe o nome de volatilidade histórica e é válida para análises de mercado e previsões. Intuitivamente, é possível perceber que o valor do tempo contido no prêmio de uma opção guarda estreita relação com a volatilidade

dos preços do ativo. O método de cálculo da volatilidade histórica dos preços de um ativo pode ser encontrado no anexo I.



Fonte: o autor

Figura 3.2-8 Valor de uma opção vs. volatilidade e tempo para o vencimento

Nível do Mercado (Spot)

O nível em que o mercado está negociando o preço futuro do ativo, ou o preço spot do mercado, determina o valor intrínseco que a opção possui. Assim, se o mercado está negociando a 612 c/bu o contrato de maio/04 de soja e se tem uma *put* de *strike* 580 comprada, só de valor intrínseco têm-se 32 centavos, além do valor do tempo desta opção. Do mesmo modo, se tivéssemos um *call* de *strike* 612 c/bu comprado, este *call* só teria valor do tempo pois o valor intrínseco seria zero.

Taxa de juros

A taxa de juros normalmente utilizada na precificação de opções é a taxa livre de riscos. Quando se precifica uma opção, o prêmio encontrado corresponde a um valor futuro e, portanto, precisa ser trazido a valor presente para a correta precificação da opção. Para opções com tempo de vencimento longo, a taxa de juros utilizada pode ocasionar diferenças significativas entre preço futuro e o preço descontado, ao passo

que para opções com pouco tempo para o vencimento estas diferenças são baixas relativamente ao prêmio.

Tempo para o vencimento

Quanto maior o tempo para o vencimento de uma opção, maior será a incerteza sobre o comportamento futuro do ativo subjacente à mesma e, portanto, maior será a parcela de valor do tempo contida no prêmio da opção.

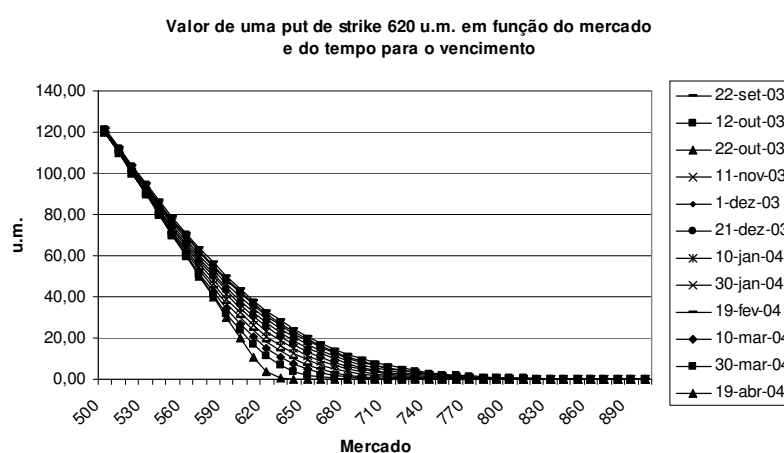


Figura 3.2-9 Valor de uma opção vs. mercado e tempo para o vencimento

A equação de Black & Scholes

Após esta breve digressão sobre os parâmetros de precificação, passaremos a discutir mais especificamente da precificação das opções vanilla segundo o modelo de Black e Scholes.

No começo dos anos 70, o trabalho de Fisher Black, Myron Scholes e Robert Merton sobre a precificação de opções¹⁵ de compra e de venda europeias ganhou grande reconhecimento e deu impulso ao desenvolvimento de tantos outros estudos neste

¹⁵ Fisher Black & Myron Scholes "The pricing of Options and Corporate Liabilities" Journal of Political Economy, nº 81 (Maio/ Junho 1973), 637 – 659, R. C. Merton "Theory of Rational Option Pricing" Bell Journal of Economics and Management Science, 4 (primavera 1973), 141 – 183.

campo. Melhorias foram propostas ao modelo de Black – Scholes e muito estudo vem sendo desenvolvido no sentido de modelar comportamentos inesperados de mercado como, por exemplo, os saltos, além é claro, estudo no sentido de criar novas opções.

Para construir seu modelo, Black e Scholes se apoiaram nas seguintes hipóteses:

- As mudanças no preço do ativo subjacente são randômicas e não podem ser artificialmente manipuladas bem como não é possível prever de antemão a direção do movimento dos preços.
- As mudanças percentuais no preço do ativo subjacente são normalmente distribuídas;
- Uma vez que as mudanças percentuais no preço do ativo subjacente são continuamente compostas, os preços do instrumento subjacente no vencimento serão log-normalmente distribuídos;
- A média da distribuição log-normal será encontrada no preço futuro do contrato subjacente;
- Não há custos de corretagens;
- Todos os ativos a que se refere a opção são perfeitamente divisíveis;
- Não há dividendos durante a vida do derivativo;
- Não há possibilidades de arbitragens;
- A negociação dos ativos é contínua, e
- A taxa livre de risco utilizada é constante e igual para todos os vencimentos.

A famosa equação diferencial de Black e Scholes¹⁶ é apresentada abaixo. Ela possui muitas soluções que são conseguidas pela utilização de diferentes condições de contorno.

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf \quad \text{Eq.3.2}$$

¹⁶ Para a completa dedução da Equação de Black e Scholes bem como das fórmulas de precificação da *Put* e do *Call*, vide anexo II.

Onde:

f: preço da opção

S: preço do mercado

r: taxa básica de juros

σ : volatilidade do ativo

Pela aplicação das condições de contorno de valor intrínseco apresentadas anteriormente para a *put* e para o *call*, chega-se a:

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \quad (\text{preço do Call}) \quad \text{Eq.3.3}$$

$$p = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (\text{preço da Put}) \quad \text{Eq.3.4}$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{Eq.3.5}$$

Onde:

c: preço da opção de compra ou *call*

p: preço da opção de venda ou *put*

S_0 : preço do ativo

K: preço de exercício da opção

r: taxa básica de juros

σ : volatilidade do ativo

T: tempo para o vencimento da opção

N(x): número extraído de uma distribuição normal (z)

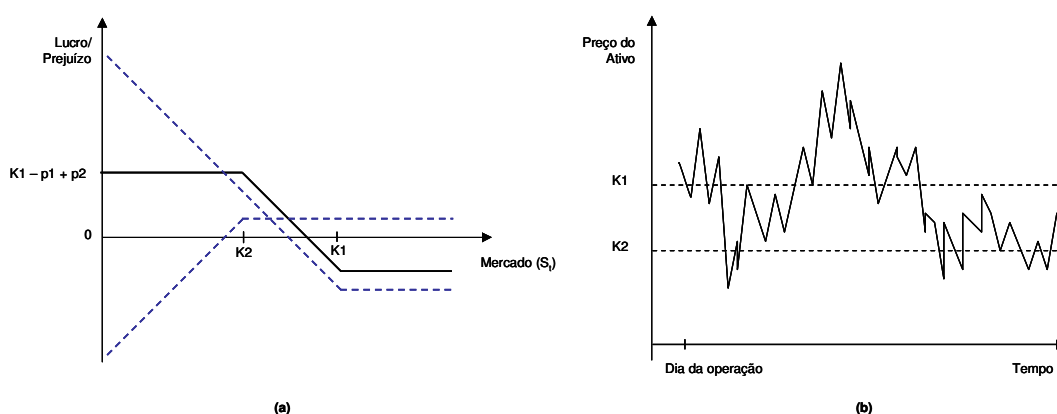
3.2.5. Estratégias de Proteção com opções

Com o intuito de ilustrar a flexibilidade obtida com o uso de opções na criação de estruturas de *hedge*, são apresentadas a seguir três estratégias de proteção comumente feitas nos mercados de balcão.

Put Spread ou Bear Spread

Esta estratégia consiste em comprar um *put* no nível atual do mercado e simultaneamente vender uma *put* com *strike* menor. A proposta com a compra e a venda de *puts* é reduzir o prêmio final a ser pago pelo produtor. Ao invés de pagar o prêmio inteiro da *put* comprada, o produtor vende uma opção e arrecada parte dos fundos necessários para comprar a *put*. Claramente, a venda de uma *put* vai ter algum efeito na estrutura de proteção conseguida. Este efeito consiste na limitação do lucro potencial da operação. Sendo p_1 o prêmio pago pela *put* de *strike* K_1 e p_2 o prêmio arrecadado pela *put* de *strike* K_2 , o lucro máximo conseguido com esta estrutura será: $K_1 - p_1 + p_2$.

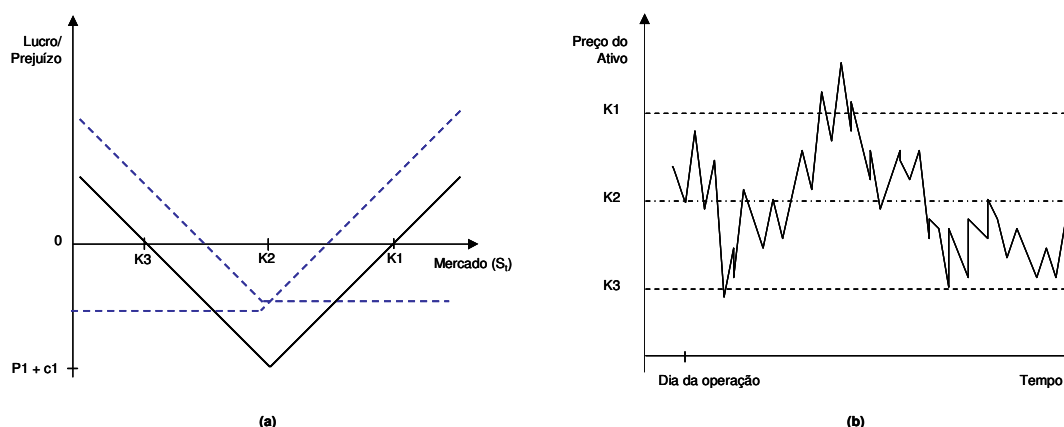
A contrapartida desta estrutura chama-se *Call Spread* ou *Bull Spread* e é adotada por consumidores como estratégia de proteção de preço de compra. Inversamente, compra-se um *call* de *strike* K_1 e vende-se um *call* de *strike* K_2 , $K_1 > K_2$.



Fonte: Elaborado pelo autor
 Figura 3.2-10 Curva de lucro/prejuízo para um *put spread*

Straddle

O straddle consiste em comprar um *call* e uma *put* no dinheiro (ou próximos). Logicamente o desembolso inicial para esta estrutura é bastante pesado e o mercado deverá se mover muito a fim de que o produtor consiga pagar a estrutura. Sendo p_1 o prêmio da *put* e c_1 o prêmio do *call*, o prêmio total pago pelo produtor será igual a $p_1 + c_1$.



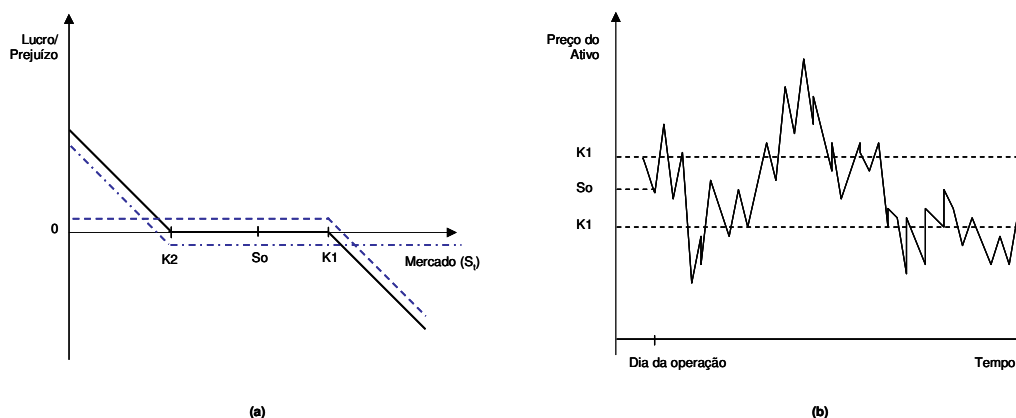
Fonte: Elaborado pelo autor
 Figura 3.2-11 Curva de lucro/prejuízo para um *straddle*

Collar ou Fence

O collar consiste na compra de uma *put* com *strike* K_2 e na venda simultânea de um *call* de *strike* K_1 , com o mercado em algum nível intermediário entre o *strike* da *put* e o *strike* do *call*. O *strike* do *call* vendido é ajustado de modo que o prêmio a ser pago pela *put* seja anulado por aquele recebido pela venda do *call*, obtendo-se assim uma estrutura a custo zero. Este é um exemplo claro da validade do binômio risco-retorno.

Diferentemente das duas estratégias apresentadas acima, no collar o produtor estará tomando um risco para si (que equivale a vender uma opção) para financiar a proteção contra um outro risco (pela compra de uma opção). Perceba que se o mercado sobe acima do *strike* do *call*, o produtor também estará protegido no seu preço de venda futuro pois, ainda que a *put* esteja fora do dinheiro, quando se vende

um *call*¹⁷, assume-se uma obrigação futura de venda análoga à venda de contratos futuros. A figura abaixo é uma representação desta estratégia do ponto de vista de lucro/prejuízo.



Fonte: Elaborado pelo autor
Figura 3.2-12 Curva de lucro/prejuízo para um *collar*

Esta estratégia de proteção de preço é uma estratégia comumente adotada por produtores agrícolas, uma vez que não é necessário desembolsar um prêmio inicial para conseguir a proteção do preço. Se, por um lado, não é necessário um desembolso de caixa inicial o que é um atrativo deste tipo de estrutura, existe a possibilidade de se ter de vender o produto a um preço que não necessariamente corresponda a um preço desejado pelo produtor.

Do ponto de vista financeiro, a venda de opções ocasiona sempre uma exposição para o vendedor da opção e pode vir a causar grandes desembolsos futuros, caso esta opção esteja dentro do dinheiro quando da liquidação da mesma.

¹⁷ Se um produtor vende um *call*, ele estará vendendo um direito a alguém de comprar X lotes a um determinado preço.

4. VAR E SIMULAÇÃO DE QUASI MONTE CARLO

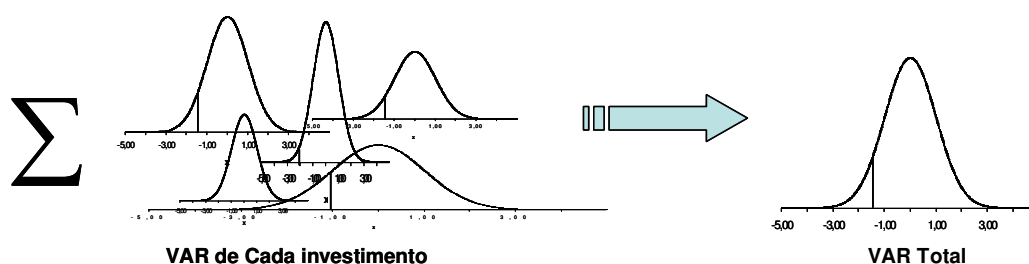
O presente capítulo tem dois objetivos básicos. O primeiro, a apresentação do VAR como medida de risco de uma carteira de investimentos e segundo, a apresentação do método de Quase Monte Carlo de simulação, utilizado no presente trabalho de formatura para o cálculo do VAR.

4.1 VAR (Value at Risk)

O VAR teve seu desenvolvimento iniciado na década de 80 pelas maiores instituições financeiras americanas, na mesma época em que os mercados de derivativos se desenvolviam rapidamente. O desenvolvimento destes últimos e a diversidade dos derivativos representaram um novo desafio para o campo da gestão de riscos uma vez que os métodos e métricas do risco de uma carteira de investimentos se mostravam inadequados e pouco coerentes. Segundo RISKGROUP (1999), como não havia uma medida de risco universalmente aceita e difundida entre as instituições, não raro acontecia de se ter contratos de derivativos iguais, mas com medidas de risco diferentes.

JORION (1997) define o VAR como uma estimativa da perda potencial máxima de uma carteira de investimentos, medida em valores monetários, por um determinado período de tempo e com um determinado nível de significância. O VAR pode ser mais claramente entendido ao respondermos a seguinte frase: “quanto dinheiro posso perder com x% de probabilidade em um horizonte de y dias?”

Dentre os vários motivos que popularizaram e difundiram a utilização do VAR como medida de risco vale a pena frisar o fator agregação. O VAR possibilita que uma empresa possa quantificar não só o risco de uma determinada posição em derivativos, como de toda uma carteira composta por diversos derivativos, títulos e outros tipos de papéis, possibilitando a agregação de informações em qualquer escala. A figura 4.1-1 ilustra este aspecto.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.1-1 Agregação de distribuições em uma só distribuição conseguido com o VAR

Além de uma medida de risco única para as posições de investimento de uma instituição, o VAR pode ser calculado para refletir análises de risco relativas, marginais e incrementais também. Segundo RMG (1999), as definições para estes tipos de VAR são:

- Relativo: Medida do risco de não performance de determinada carteira relativamente a um índice.
- Marginal: Medida do risco incorrido pela adição de determinada posição a um portfólio. Calculado pela subtração de uma posição já existente do portfólio total.
- Incremental: Medida do risco incorrido pela avaliação de pequenas mudanças na distribuição do peso dos ativos presentes em uma carteira.

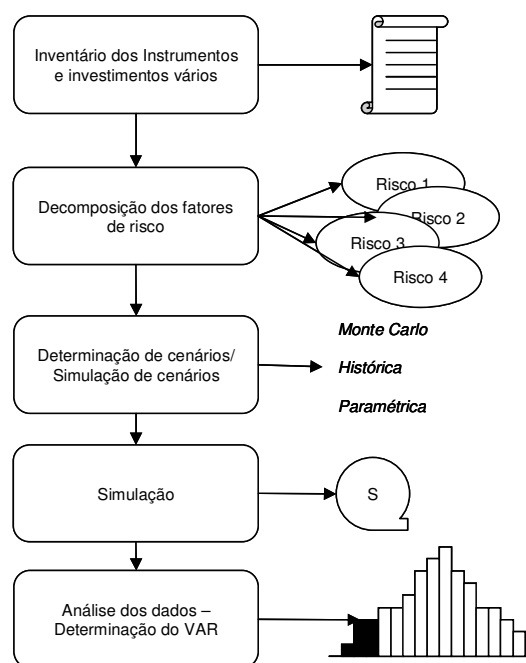
O cálculo do VAR de uma carteira pode ser decomposto em alguns blocos lógicos para o seu melhor entendimento. O primeiro bloco corresponde à listagem dos vários instrumentos e investimentos que uma empresa possui. O segundo bloco determina quais são os fatores de risco subjacentes a estes investimentos (por exemplo, taxa de juros, câmbio, índice ibovespa, etc) .

O terceiro bloco diz respeito ao modo como serão gerados os diversos cenários para a geração da distribuição dos retornos da carteira. Neste bloco, os fatores de risco são simulados e os vários cenários decorrentes da intercessão destes cenários são

gravados. O último bloco corresponde ao cálculo do VAR propriamente dito, seja este através da aplicação aos dados de uma distribuição de probabilidade conhecida ou através da ordenação dos mesmos para aplicação do percentil¹⁸.

O terceiro bloco apresentado na figura ao lado merece especial atenção uma vez que o presente estudo de um método alternativo de chamada de margem será aplicado sobre instrumentos cuja variação de valor em função da variável mercado é não-linear.

Dentre as possíveis metodologias de geração de cenários para o cálculo do VAR de uma carteira de investimentos, três são freqüentemente utilizadas e bastante difundidas no mercado: simulação paramétrica, simulação histórica e simulação de Monte Carlo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.1-2 Diagrama de blocos do funcionamento do VAR

4.1.1. Simulação Paramétrica

A simulação paramétrica, como o próprio nome diz, busca parametrizar os fatores de risco em uma função única correspondente à medida do VAR. A idéia é, portanto, encontrar uma função analítica capaz de descrever com acurácia o comportamento do VAR. Segundo MINA&XIAO (2001), “os métodos paramétricos nos colocam um tradeoff entre acurácia e velocidade. Eles são mais rápidos que os métodos de Monte

¹⁸ Valor correspondente x por cento de um conjunto de dados. Em um conjunto de 200 dados, o 1º percentil corresponde a $1\% \times 200 = 2$ dados. Caso o ajuste de uma distribuição de probabilidade não seja satisfatório, ordenam-se os dados de retorno da carteira (da pior perda calculada até o maior ganho calculado) e toma-se o percentil desejado. A perda encontrada corresponderá ao VAR para o percentil assumido.

Carlo mas não tão acurados, a menos que a função de precificação possa ser bem aproximada por uma combinação linear dos fatores de risco”.

A função de precificação buscada pela simulação paramétrica tem a seguinte forma:

$$\Delta V = V(P + \Delta P) - V(P) \approx \sum_{i=1}^n \delta_i r^{(i)} \quad \text{Eq.4.1}$$

$$\text{com } \delta_i = P^{(i)} \frac{\partial V}{\partial P^{(i)}} \quad \text{Eq.4.2}$$

Onde:

ΔV : VAR

$P^{(i)}$: Fator de Risco i

$r^{(i)}$: Retorno percentual ($\Delta P / P$)

4.1.2. Simulação Histórica

O segundo método de simulação é a simulação histórica. Esta consiste, em linhas gerais, em se usar cenários reais passados como cenários da nova simulação. A premissa óbvia, mas necessária, é de que os cenários passados podem sempre se repetir no futuro para um determinado horizonte de tempo (normalmente de 6 meses a 2 anos).

Uma vantagem deste método de simulação reside no fato de que os cenários passados levam em consideração o comportamento de diversos fatores de risco, o que facilita, sobremaneira, uma simulação multivariada¹⁹. Outro aspecto positivo diz respeito ao fato de que não são necessárias hipóteses a respeito do tipo de distribuição dos retornos dos ativos, pois são utilizados dados reais.

¹⁹ Mais de um fator de risco, p.e. mercado e volatilidade

Como aspectos negativos, temos o fato de que fatores de risco, que no passado influenciavam o comportamento de determinado instrumento, podem não mais ser importantes hoje, ocasionando resultados inconsistentes. Além disso, para que os resultados deste tipo de simulação sejam satisfatórios é preciso utilizar séries bastante longas de dados.

A maneira mais comum de construir um modelo de simulação histórica consiste em montar uma matriz de tempo versus fatores de risco, onde para cada linha (data) tem-se o comportamento correspondente dos fatores de risco naquele dia.

$$R = \begin{pmatrix} r_{t,1} & r_{t,2} & \dots & r_{t,n} \\ r_{t-1,1} & \dots & \dots & r_{t-1,n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{t-m,1} & r_{t-m,2} & \dots & r_{t-m,n} \end{pmatrix}$$

Se temos m instrumentos na carteira em questão, onde o valor de cada instrumento é função dos n fatores de risco, basta aplicar os m cenários da matriz ao lado à carteira e calcular o valor da mesma. Ao cabo dos m cenários, ter-se-á uma distribuição dos possíveis resultados da carteira e

então pode-se calcular o VAR da mesma. A seqüência abaixo resume este método:

- Definição do horizonte de tempo a ser simulado
- Construção da matriz $R_{m,n}$
- Construção do vetor de instrumentos I_j , com $j=1, 2, 3, \dots, m$
- Caso se deseje simular a carteira para um horizonte de T dias, corrigir os fatores de risco por:
- Para cada linha da matriz calcula-se o valor da carteira V_j com $j= 1, 2, 3, \dots, m$
- Constrói-se a distribuição de retornos da carteira $V_j - V_0$
- Se for possível aplicar alguma distribuição de probabilidade conhecida, calculam-se o desvio padrão e a média dos retornos e aplica-se a fórmula:
- $VAR = - Z(95\% \text{ ou } 99\%) \times \text{desvio padrão} + \text{média}$

Se a distribuição dos retornos não se ajustar bem a alguma distribuição de probabilidade padrão, então ordenam-se os retornos do menor para o maior e toma-se o percentil desejado

4.1.3. Simulação de Monte Carlo²⁰

O método de Monte Carlo consiste, em linhas gerais, em gerar dados de uma maneira aleatória, ou segundo uma distribuição probabilística conhecida. De posse desses dados, é possível avaliar o comportamento matemático de eventos, construir histogramas, aplicar testes de probabilidade e estatísticas.

O uso real do método de Monte Carlo como ferramenta de simulação de dados data de 1944, quando, em meio à segunda guerra mundial, simulações diversas sobre a difusão aleatória do nêutron em reações de fissão nuclear foram executadas com vistas ao desenvolvimento da bomba atômica. Em 1948, os trabalhos de Fermi, Metropolis e Ulam obtiveram estimadores dos autovetores da equação de Schrodinger através de simulação de Monte Carlo. Mas foi em 1977 que o método foi introduzido no mundo das finanças pelo trabalho de Boyle (1977), onde o autor aplica o MC à precificação de opções.

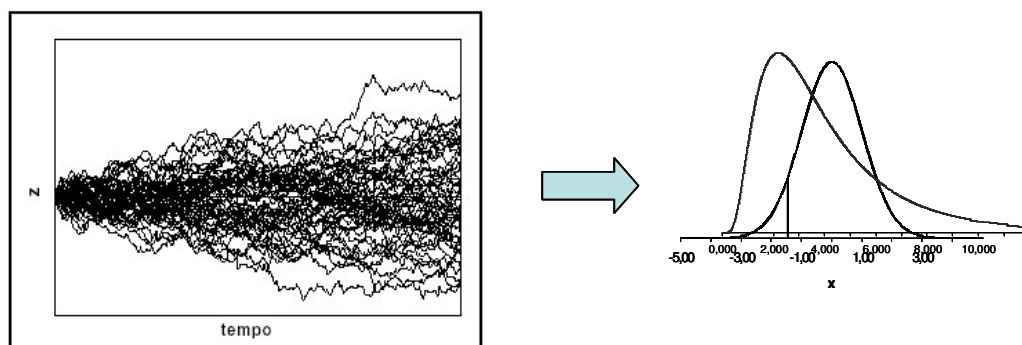
Diferentemente das duas metodologias de simulação de mercado discutidas até agora, onde a parametrização ou a replicação de cenários passados geram os dados necessários à valoração da carteira, na simulação de Monte Carlo a geração de dados acontece de forma aleatória por meio de uma função estocástica específica para cada fator de risco. Perceba que na simulação paramétrica procura-se encontrar uma função do tipo $VAR(r_i)$, onde r_i são funções representativas dos fatores de risco, enquanto que na simulação de Monte Carlo se está interessado em gerar cenários aleatórios para as funções r_i .

Para entender melhor o funcionamento deste tipo de simulação, imagine um ativo (como pode ser o preço futuro de um contrato de soja) que tem sua equação de movimento para um determinado intervalo de tempo dt dada por:

$$\text{Movimento}(t) = \text{Movimento}(t-1) \times (\text{Tendência}(t) + \text{Aleatoriedade}(t))$$

²⁰ O nome referencia a cidade de Monte Carlo no principado de Mônaco, onde os jogos de cassino como a roleta (que nada mais é gerador de números aleatórios) são muito comuns.

Se simularmos diversas vezes os caminhos seguidos por um ativo com este comportamento, estaremos amostrando possíveis cenários com os quais pode-se calcular o valor de uma carteira. Com os vários resultados da carteira, constrói-se uma distribuição a partir da qual o cálculo do VAR é possível.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.1-3 Caminhos de mercado gerados pela simulação de Monte Carlo

Se quiséssemos usar o método de Monte Carlo para simular uma carteira composta de vários ativos, deveríamos usar uma abordagem matricial tendo o cuidado de levar em consideração o efeito da correlação no movimento dos fatores de risco. Como o presente trabalho trata do cálculo do VAR para uma carteira com um único ativo e um único fator de risco, omitiu-se a revisão conceitual da generalização do método de Monte Carlo para uma carteira com diversos ativos sem, todavia, incorrer em perda de entendimento.

A popularidade do método se deve, sem dúvida, à sua capacidade de avaliar cenários não contemplados pelos demais métodos de simulação. Além de sua utilização na amostragem de cenários para o cálculo do VAR, o método de Monte Carlo tem sido extensamente utilizado na precificação de opções exóticas que não possuem uma fórmula analítica.

As maiores críticas a este método dizem respeito ao alto custo computacional, uma vez que para atingir erros pequenos nas precificações de opções e resultados satisfatórios em simulações, são necessários longos tempos de processamento.

A tabela abaixo resume as principais diferenças entre os três métodos apresentados:

Tabela 4-1 Vantagens e desvantagens de cada tipo de simulação

Metodologia	Vantagens	Desvantagens
Paramétrica	Rápida e de cálculo simples Não há necessidade de dados históricos extensos, somente matrizes de volatilidade e correlação	Menos acurada para portfólios não-lineares, ou para distribuições deslocadas (<i>skewed</i>)
Simulação de Monte Carlo	Acurada para todos os instrumentos Gera uma distribuição completa dos potenciais resultados da carteira Permite o uso de diversas distribuições de probabilidade (Normal, Distribuição t, Log-normal) para a geração de números aleatórios e, portanto, pode gerar caudas mais pesadas de distribuição (<i>leptokurtosis</i>) Não há necessidade de dados históricos extensos	Longos tempos de processamento Quantifica riscos nas caudas da distribuição somente se os cenários são apropriadamente gerados a partir das distribuições Processamento intensivo dos dados
Simulação Histórica	Acurada para todos os instrumentos Não há necessidade de assumir premissas a respeito do tipo de distribuição dos fatores de risco (todavia sendo possível o ajuste de curvas às distribuições obtidas) Mais rápida que a simulação de Monte Carlo uma vez que utiliza menor número de cenários	Requer uma quantidade significativa de dados históricos (existe também a possibilidade de se utilizar dados históricos que não mais possuem influência no portfólio - câmbio desvalorizados) Dificuldade de projetar horizontes longos Produz estimativas grosseiras para Intervalos de confiança estreitos (99% acima) Computacionalmente intensiva - bem menos que a SMC Capaz de incorporar riscos extremos (caudas da distribuição) somente se os dados históricos contemplarem tais eventos

Fonte: Risk Management: a practical guide - RMG (1999)

Graças à sua utilização não só no campo das finanças, mas, antes, até no campo da física e da biologia, a simulação de Monte Carlo tem recebido muita atenção e diversos estudiosos têm engendrado pesquisas visando otimizar o mesmo, notadamente no tocante à geração dos números aleatórios, por ser este um dos aspectos responsáveis por parte de sua ineficiência computacional.

Dessas pesquisas, métodos como o chamado Quasi-Monte Carlo têm se mostrado não só computacionalmente muito melhores que o Monte Carlo tradicional como

também têm sido melhores no tocante à distribuição dos resultados gerados. O estudo deste método é o próximo assunto desta revisão bibliográfica.

4.2 Simulação de Quasi-Monte Carlo

Segundo SILVA (2003), o uso do método de simulação de Quasi-Monte Carlo aplicado às finanças é bastante recente e data de 1995, com a publicação de “Valoração rápida de derivativos financeiros”²¹, trabalho desenvolvido por PASKOW & TRAUB (1995). Hoje, quase nove anos mais tarde, já é possível encontrar uma quantidade razoável de publicações sobre o assunto bem como de pesquisas e fóruns para o estudo do mesmo.

O método de Quasi-Monte Carlo corresponde ao já discutido método de Monte Carlo, menos pela forma de se gerarem os números aleatórios. Ao invés de se gerar números aleatórios (na verdade pseudo-aleatórios, congruenciais), seqüências quase-randômicas, também chamadas de seqüências de baixa variância, são geradas. Na verdade, o nome “quase-randômicas” é utilizado por uma questão cultural uma vez que estas seqüências são totalmente determinísticas. Seria mais apropriado um nome “seqüências determinísticas de distribuição randômica”, ou algo parecido.

A motivação maior para o estudo destes geradores de números/seqüências quase-aleatórios para a aplicação em finanças, não é, senão, o considerável ganho computacional conseguido na simulação de Monte Carlo. Estudos mostram que o estimador do erro de uma simulação de Monte Carlo tradicional converge a uma taxa de $N^{-1/2}$, enquanto que para uma simulação de Quasi-Monte Carlo este estimador convergirá à taxa N^{-1} . (vide NIEDERREITER (1992) e MOROKOFF (2000)).

Se, por um lado, a simulação de QMC leva vantagem sobre o MC tradicional no tocante à eficiência, por outro lado o método de QMC ainda esbarra no problema da acurácia para grandes dimensões, MOROKOFF (2000).

²¹ Do original “Faster valuation of financial derivatives” - S.H.Paskow e J.F Traub – the journal of Portfolio Management

Sobre os diversos métodos de geração de seqüências quase-randômicas, citam-se os métodos de Van der Corput, Sobol, Halton e Faure como os mais comuns. Para a implementação da simulação de Quasi-Monte Carlo usada no presente trabalho de formatura, utilizou-se o algoritmo de Van der Corput²² para a geração dos números uniformemente distribuídos e o algoritmo de Moro (1995) para a inversão destes para a normal. As figuras abaixo ilustram a geração de números aleatórios pelo Excel e pelo algoritmo de Van der Corput.

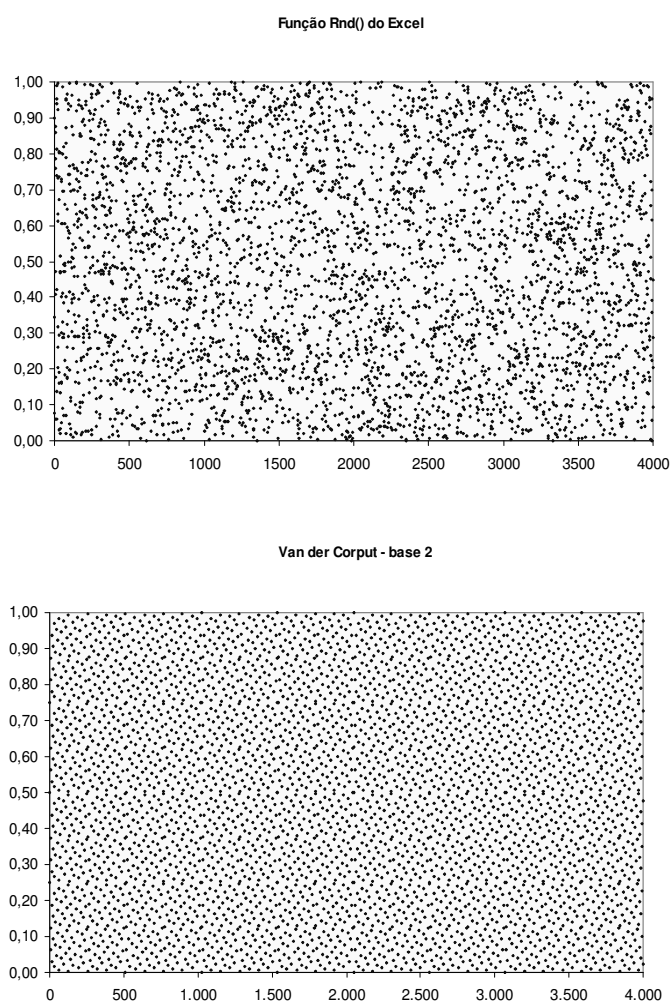


Figura 4.2-1 Geração de números: Excel vs. Van der Corput

²² Vide apêndice II

4.3 Modelo Geral de Movimentação de Preços do Ativo

Para equacionar a simulação de QMC do preço futuro do ativo, parte-se do modelo mais geral de movimentação/ retorno de ativos conhecido por passeio aleatório (random walk), o qual, por sua vez apóia-se na hipótese de eficiência do mercado. Em linhas gerais, esta hipótese estabelece que:

O mercado responde imediatamente ao surgimento de uma nova informação, e

O preço do ativo reflete toda a informação passada.

Este modelo deve ser capaz de traduzir uma tendência na movimentação do preço (alínea a.) e, ao mesmo tempo, de representar o impacto da chegada de novas informações no mesmo (alínea b.). Este modelo pode ser encontrado Hull (2003) e é descrito por:

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dz_t \quad \text{Eq.4.3}$$

Onde:

dS_t : Mudança no preço do ativo

S_t : Preço do ativo

μ : é o retorno do ativo²³

dt : horizonte de tempo simulado

σ : é a volatilidade do mesmo

dz_t : movimento Browniano

Nesta equação, conhecida também por equação diferencial estocástica, o primeiro termo expressa uma tendência na movimentação dos preços e o segundo termo expressa uma movimentação aleatória dos mesmos.²⁴ O termo dz_t segue um

²³ No caso de *commodities* agrícolas é igual à taxa de juros.

²⁴ Para a derivação completa desta equação, consultar Hull (2003) – capítulo 11.

processo de Wiener (ou expressa um movimento Browniano) e possui as seguintes características:

$dz_t = \varepsilon \sqrt{dt}$ onde ε é um número aleatório extraído de uma distribuição normal $N(0,1)$, e

Para dois intervalos de tempo consecutivos dz é independente.

O retorno do ativo, expresso em dS_t / S_t , possui distribuição Normal com média μdt e desvio padrão $\sigma^2 dt$.

Quando se deseja implementar um algoritmo de simulação, é praxe alterar a equação XX pela aplicação do Lema de Itô²⁵, para evitar restrições no valor do intervalo de tempo utilizado. O resultado é:

$$S(t + \Delta t) = S(t) \times e^{\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \times \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \right]} \quad \text{Eq.4.4}$$

²⁵ Kioshi Itô – Matemático japonês

5.A CHAMADA DE MARGEM E O MÉTODO ATUAL DA EMPRESA

Iniciciando a segunda parte deste trabalho de formatura, o presente capítulo pode ser considerado um dos mais importantes do mesmo, pois será apresentado, aqui, o método atual de chamada de margens empregado pela empresa.

O capítulo começa com uma discussão acerca do processo de chamada de margens como forma de garantir a integridade financeira de um sistema como a bolsa de futuros. Analogamente, é discutida a importância da chamada de margem nos mercados de balcão. Também é apresentado um panorama do estado da arte nesse campo, citando os principais avanços nessa área.

Com este item, espera-se salientar ao leitor a importância do assunto para o funcionamento seguro das operações com mercados futuros, ao mesmo tempo reafirmando a relevância do tema para um trabalho de formatura.

Os itens 5.3, 5.4 e 5.5 apresentarão, respectivamente, o método de “margeamento” da bolsa de Chicago (CBOT), o método atual da empresa e o novo método proposto. Alguns exemplos numéricos de uma posição teórica em contratos futuros elucidarão os dois métodos correntes, mostrando como o método atual da empresa demanda do cliente maiores desembolsos de caixa que o da bolsa.

5.1 “Margeamento” de posições: funcionamento, dimensionamento e avanços

Antes de apresentar o método de chamada de margem da empresa e partir para uma discussão sobre o funcionamento do mesmo, urge discutir, investigar o significado e a finalidade de um sistema de “margeamento” para o funcionamento seguro de uma bolsa de mercados futuros ou de uma instituição que realiza negócios em um mercado de balcão.

5.1.1. Funcionamento do sistema de “margeamento”

Um sistema de “margeamento” é desenvolvido para controlar os riscos de inadimplência existentes entre duas partes em uma operação em mercados futuros. No caso das bolsas de mercados futuros, os atores deste sistema são a bolsa e os seus

participantes, enquanto que no caso dos mercados de balcão, os atores são a instituição financeira e o seu cliente.

Quando um investidor ou um *hedger* realiza uma operação nos mercados futuros, seja com uma posição na bolsa ou em um mercado de balcão, esta operação apresenta um risco para uma das duas partes, que é o risco de inadimplência. Deste modo, os participantes dos mercados futuros tem suas posições marcadas a mercado²⁶ ou, em outras palavras, reavaliadas diariamente para contabilizar perdas e ganhos. Ao processo de depósito de fundos para a manutenção de posições, dá-se o nome de chamada de margem.

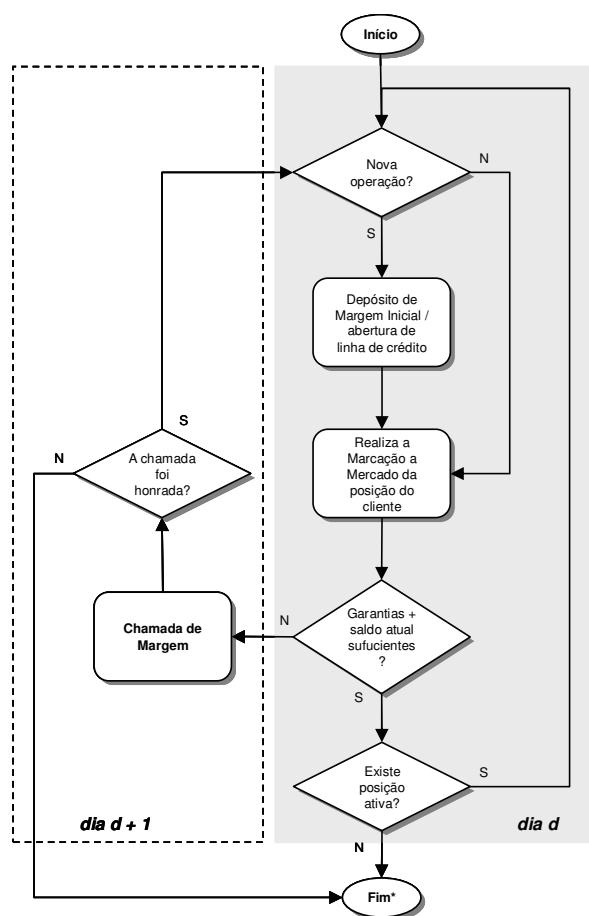
Para se ter uma idéia da importância de se ter um sistema seguro de margeamento, basta saber que em 1999, a bolsa de Chicago através de sua câmara de liquidação (BOTCC²⁷) possuía 475 milhões de dólares de garantias disponíveis. Dessas, aproximadamente 175 milhões advinham de margens depositadas, 100 milhões de seguros e 200 de créditos disponíveis.

Um processo geral de chamada de margens pode ser visto na figura 5.1-1. O intuito desta figura é resumir os passos que um sistema de “margeamento” segue para avaliar a necessidade do depósito de margens de garantia. Caso esta condição seja satisfeita, o sistema não acusará irregularidades.

Suponha que um cliente queira entrar em uma nova operação em bolsa. Para tanto, é necessário o depósito das margens iniciais, as quais constituirão a garantia inicial do sistema para aquela operação. Ao cabo do dia, a posição do cliente será reavaliada (marcada a mercado) com o fechamento do mercado. Se o cliente obteve lucros, o sistema credita a sua conta e se obteve prejuízos, debita à mesma. O próximo passo é avaliar se o saldo em conta (garantias iniciais + lucros + prejuízos) para aquele volume e tipo de posições é maior que o mínimo requerido pela bolsa.

²⁶ Processo no qual a posição do cliente é reavaliada, todo dia, segundo o fechamento do mercado. Também chamado de ajuste diário.

²⁷ BOTCC – Board of Trade Clearing Corporation



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.1-1 Fluxograma de um processo genérico e chamada de margem

Todavia, se a condição for infringida, o sistema gerará uma chamada de margem que deverá ser honrada no dia seguinte, sob pena de liquidação sumária²⁸ da posição do cliente. O ciclo recomeça a cada dia, testando se há inclusão ou liquidação de posições.

²⁸ Fechamento arbitrário, pela bolsa, da operação aberta do cliente.

5.1.2. Importância do dimensionamento de um método de margeamento

A este ponto, a importância e necessidade de um sistema de “margeamento” devem estar bastante claras para o leitor, pelo menos no que diz respeito ao seu aspecto principal, que é o de mitigar o risco de inadimplência.

Mas o motivo pelo qual tanto estudo tem sido dedicado a este assunto, talvez ainda não esteja bastante claro, e isso é exatamente o objetivo deste item: o dimensionamento do método.

Uma vez que o depósito de margens é a única forma de garantir a integridade financeira e a vigência das posições em um sistema como a bolsa ou em uma operação de balcão, fica clara a necessidade de se ter um método de chamada de margens eficiente e livre de riscos.

Neste caso, eficiente seria o método que exigisse o mínimo²⁹ de margens necessárias de um participante do mercado, uma vez que se assume idoneidade e diligência no pagamento de margens. Livre de riscos seria o método que continuamente avaliasse uma posição e instantaneamente debitasse à conta externa do participante, caso este estivesse perdendo dinheiro com a operação. Ideal e ao mesmo tempo impossível, seria o método que exigisse uma margem inicial infinita para continuamente debitá-la³⁰ quando necessário.

O dilema que se coloca é o da eficiência versus segurança do sistema. Segundo Day & Lewis (1999), “...as bolsas de futuros que estabelecem as margens enfrentam um *tradeoff* entre prevenção de perdas e a eficiência transacional do mercado. Se as margens exigidas são muito altas, os custos de operação somados às margens podem impedir a operação dos mercados reduzindo a profundidade e liquidez...” Do mesmo modo como a bolsa perderia clientes para os mercados de balcão pelas suas margens altas, o oposto também se verificaria.

²⁹ Na bolsa assim como nos mercados de balcão, as margens depositadas são remuneradas a taxas iguais ou próximas à taxa livre de risco.

³⁰ Que fique claro ao leitor que esta frase só faz sentido se inserida em um contexto de uma posição que está negativa., para um determinado nível de mercado.

Hardouvelis&Kim (1995) apud Knott&Mills (2002), encontraram evidências claras do efeito de redução do volume diário e número de contratos em aberto. Em um estudo destas duas variáveis após 500 mudanças nas margens iniciais de 8 contratos de metais das Bolsas de *commodities* e mercadorias de Nova Iorque e Chicago, foi encontrado que uma subida de 10% nas margens iniciais reduzia o volume de operações em 1,4%, na média.

Se analisarmos agora o problema sob o ponto de vista do participante do mercado futuro, mais especificamente um *hedger*, veremos que se ele deve arcar com altas margens iniciais e chamadas de margem pesadas, ele estará sofrendo dois efeitos diretos:

- Perda de custo de oportunidade - ao remeter dinheiro que será remunerado à taxa livre de risco;
- Aumento de gastos com tarificação sobre transações financeiras;
- Custo de oportunidade comercial,e
- Possíveis problemas de gestão de caixa.

O desafio encontrado pelas câmaras de liquidação das bolsas e pelas instituições financeiras que operam os mercados de balcão é, claramente, o de determinar métodos de margeamento que sejam prudentes e seguros para controlar os riscos de inadimplência dos participantes, sem, todavia, penalizar aqueles participantes idôneos com o ônus da falta dos demais.

Este desafio constitui o objetivo deste trabalho de formatura. Delinear e testar um método de chamada de margem que exija depósitos menores do cliente, e que, ao mesmo tempo, seja seguro para a empresa.

5.1.3. Linhas de Pesquisa

A grande maioria senão a totalidade dos estudos sobre métodos de chamada de margem e determinação de margens iniciais utiliza as bolsas futuras como objetos de validação daqueles. Dentre os diversos estudos realizados, é possível distinguir três enfoques na modelagem do problema:

- Modelos estatísticos
- Modelos de otimização
- Modelos baseados em teoria de precificação de opções

O primeiro grupo procura modelar o comportamento de uma variável de mercado, para, então, usar a análise estatística na determinação de margens iniciais e/ou chamadas de margem. Conceitos sobre distribuições de probabilidade são extensivamente empregados e hipóteses a respeito da dinâmica de movimentação de uma variável de mercado são traçadas previamente.

Alguns trabalhos como o de Figlewski (1984) apud Knott&Mills (2002) procuraram em, termos probabilísticos, investigar o resultado de diferentes pares de margens iniciais e margens de manutenção, para um cenário de mercado. Outros, como Gay et al. (1986) construíram um modelo de movimentação de preços para investigar a cobertura oferecida pela margem inicial e determinar as probabilidades de que movimentos de mercado excedessem as margens.

No segundo grupo encontramos aqueles modelos que procuram, por exemplo, minimizar uma função de custo de corretagens versus nível de segurança da chamada de margem. Citam-se, aqui, os trabalhos de Fenn&Kupiec (1993), onde a intenção foi minimizar a soma dos custos de liquidação, de atraso na liquidação e de depósito de margens, e o trabalho de Baer et al (1996).

O terceiro grupo trata dos modelos que se utilizam da analogia entre o prêmio pago por opções e as margens iniciais de operação, buscando modelar o comportamento do cliente que vai querer dar um default caso o prejuízo seja maior do que a margem inicial. Day&Lewis (1999) argumentam que posições compradas em futuros equivalem a posições compradas em opções de compra com barreira de desaparecimento (down-and-out *calls*) e posições vendidas em futuros equivalem a posições compradas em opções de venda com barreira de desaparecimento (up-and-out *puts*).

Cada *approach* apresenta vantagens e desvantagens em relação ao outro. Sabe-se que muitos destes modelos comportam-se bem para determinados tipos de ativos

enquanto para outros nem tanto. Dentre as novas linhas de pesquisa, o VAR desponta como alternativa interessante e promissora no cálculo de chamadas de margem. Segundo Knott&Mills (2002), “...um possível desenvolvimento no futuro pode ser o uso mais largo de sistemas de “margeamento” baseados nas técnicas de valor a risco (VAR)....A vantagem potencial dos modelos de VAR é que eles levam inteiramente em consideração as correlações entre os preços de ativos em um portfólio e isto pode permitir um “margeamento” mais eficiente.”

5.2 Método atual da empresa

Antes de apresentar o método de chamada de margem empregado atualmente pela empresa, é necessário discutir brevemente o modo como ela realiza algumas de suas operações.

Diferentemente da bolsa, a empresa não cobra margens iniciais para a operação de *hedge*. Ao invés disso, ela realiza uma análise dos balanços contábeis e demonstrativos de resultado do cliente potencial para decidir se estende ou não uma linha de crédito para este cliente, bem como o valor da mesma.

Com uma linha de crédito aberta e sem a necessidade de depósito de margens iniciais, o cliente pode operar sem efetuar nenhum desembolso inicial, o que do ponto de vista de vantagem competitiva acaba sendo um grande diferencial da empresa em relação à bolsa. Mas, para ser uma vantagem competitiva, esta política de crédito acaba por se tornar um risco para a empresa, caso contrário não seria diferencial algum.

Essencialmente, o risco da inadimplência na liquidação de uma operação advém de movimentos bruscos nas variáveis que ditam o preço do derivativo. Estes movimentos, especialmente em operações com opções, podem fazer com que uma exposição do cliente em relação à empresa, que antes era pequena, se torne extremamente grande. Em outras palavras, admita que o cliente tenha vendido uma opção fora do dinheiro e que esta opção esteja agora muito dentro do dinheiro. Ou, pior, imagine que o cliente possua uma posição vendida e alavancada.

Para controlar este tipo de risco, a empresa desenvolveu um método para mensurar a exposição do cliente com ela, e chamar o mesmo em margem quando esta estiver acima do tolerado.

Como vimos no Capítulo 3, as três variáveis que mudam e fazem variar o preço da opção ao longo de sua vida são o preço do mercado, a taxa de juros e a volatilidade. Dessas três, a mais volátil é o preço do mercado e por isso a empresa, em seu método atual de cálculo de margens, estressa essa variável.

O método se apóia na determinação de *fatores de crédito*, e subsequente avaliação da posição do cliente para um stress da curva de mercado. Cada fator de crédito é determinado para um tipo de *commodity* e para um horizonte de tempo futuro.

Para a determinação dos fatores de crédito, a hipótese da distribuição log-normal de preços é assumida como satisfatória, razão pela qual a equação abaixo é utilizada na previsão do movimento do mercado.

$$S_t = S_o \times e^{1,96 \times \text{Volatilidade} \times \sqrt{\frac{t}{365}}} \quad \text{Eq.5.1}$$

Onde:

S_t = preço do ativo no tempo t

S_o = preço do ativo no tempo 0

Volatilidade = volatilidade histórica anualizada do ativo (adotada pela empresa)

t = horizonte de tempo futuro em que se deseja determinar a movimentação do preço

1,96 = número extraído da curva normal correspondente a um intervalo de confiança de 97,5%

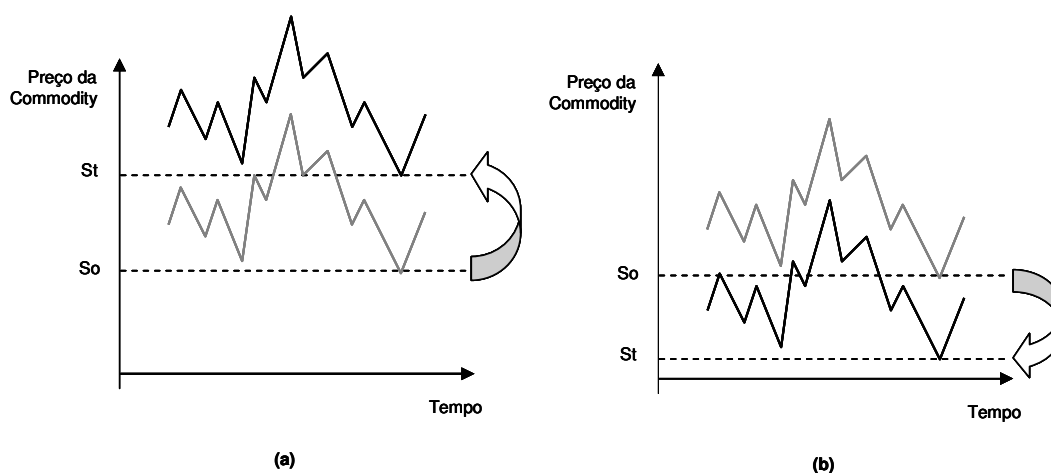
A atualização do fator de crédito não é freqüente uma vez que a volatilidade histórica anualizada da *commodity* muda lentamente.

Diferentemente do que acontece para outros países, onde o horizonte de tempo projetado no cálculo do fator de crédito é de dois dias, para o Brasil este horizonte é de sete dias. A primeira razão para isto está no fato de que no Brasil, o Banco Central controla toda e qualquer transação financeira que tenha origem ou destino no país levando, para tanto, dois dias. A segunda razão é uma decorrência da forma como a empresa está organizada. Uma vez que o departamento financeiro tem sua sede em Sydney (Austrália) e que o fuso horário é de 13 horas, uma notificação que seja gerada no começo do dia em Sydney levará em torno de 13 horas para ter seu processamento iniciado no Brasil.

Imagine que uma chamada de margem tenha sido gerada por Sydney ao final de uma terça-feira (no Brasil). Na quarta-feira o Brasil enxergará tal chamada e, se somente ao final do dia o pagamento for feito, ele só será enxergado por Sydney na sexta-feira (no Brasil). Se este processo atrasar um dia, o pagamento de uma chamada gerada em uma terça-feira pode vir a ser enxergado somente na segunda-feira seguinte.

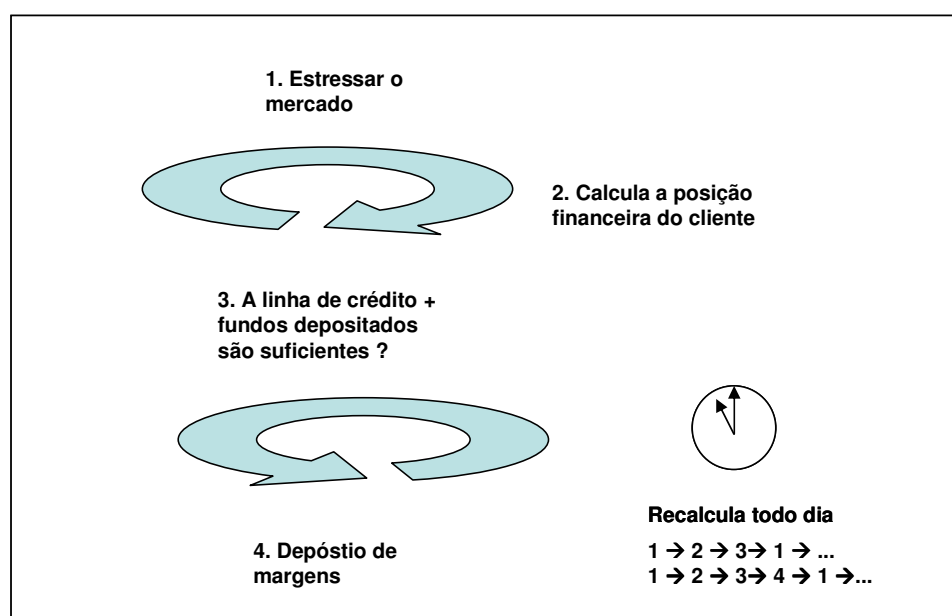
Uma vez determinado o fator de crédito para a *commodity* e para um tempo específico, a curva da *commodity* é “estressada” segundo uma orientação que depende do tipo de estrutura que o cliente possui: estrutura de produtor ou estrutura de consumidor.

Para um cliente que tenha uma estrutura de produtor, ou seja, pensada para proteger contra um movimento de baixa nos preços, a curva da *commodity* será levantada pois, se houver exposição do cliente, esta será certamente para uma alta do mercado. Ao contrário, se a estrutura é uma estrutura de consumidor, e isto equivale a dizer que a proteção de preços é feita para uma subida do mercado, a curva da *commodity* é stressada para baixo. A figura 5.2-2 esclarece o significado de “estressar” a curva o método.



Fonte: Elaborado pelo autor
 Figura 5.2-1 Ilustração do significado de “estressar” a curva da *commodity*

Após estressar a curva da *commodity* e calcular a exposição do cliente, o valor obtido é comparado com a linha de crédito aberta para ele e, caso este valor seja superior ao tamanho da linha, o cliente é chamado em margem. A chamada de margem não



Fonte: Elaborado pelo autor
 Figura 5.2-2 Processo de chamada de margem atual

acontece no valor exato do excedente, mas em um valor maior, normalmente múltiplo da *tranche*³¹

Um exemplo numérico ajudará a entender o significado do exemplo método anterior.

Suponha que se queira calcular a exposição para cinco dias de um cliente que vendeu 30 lotes de um forward de soja a 680 c/bu. O fato de o cliente vender um forward nos dá o indício de que ele possui uma proteção de baixa e que a sua exposição será contra uma alta do preço da soja. De posse dos seguintes dados, podemos calcular o fator de crédito.

Preço de venda: 680 c/bu

Nº de lotes: 30

Volatilidade histórica da soja: 20,5%

Fechamento do mercado: 687,5 c/bu

Tempo de exposição: 5 dias

Limite de crédito: USD 100,000

Fator de crédito:

$$\frac{S_t}{S_o} = 1,96 \times 20,5\% \times \sqrt{\frac{7}{252}} = 0,067 \quad \text{ou} \quad 6,70\%$$

Agora podemos deslocar a curva da commodity para cima e calcular com o fechamento do dia quanto seria a exposição do cliente para fins de margejamento:

$$\text{Novo fechamento do mercado} = 687,50 \times 0,0670 = 733,54 \text{ c/bu}$$

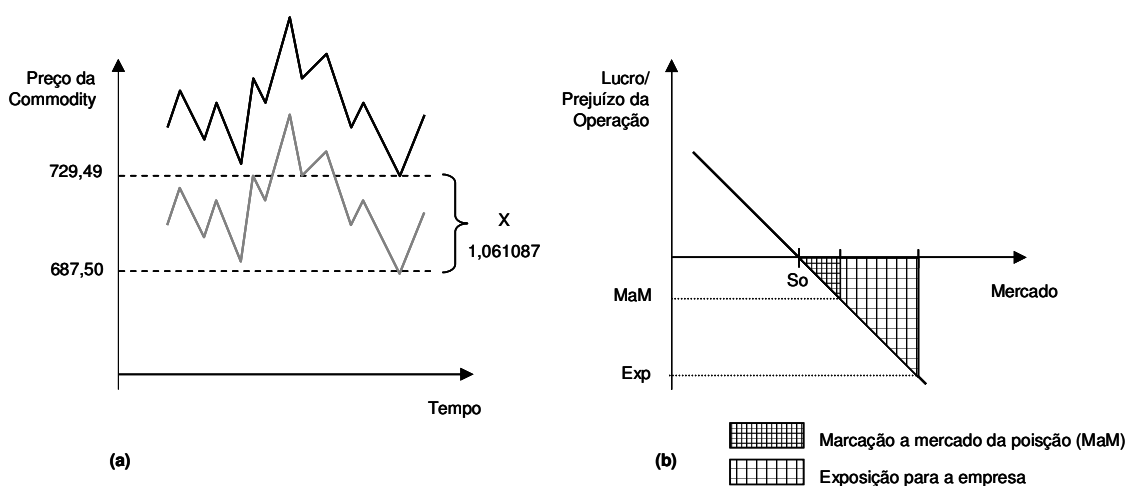
A exposição do cliente seria, portanto, a diferença entre o novo fechamento do mercado e o nível do forward, multiplicado pelo número de lotes e pelo tamanho do contrato de soja:

Exposição:

$$= \frac{(733,54 - 680) \times 30 \times 5000}{100} = 80.309 \quad \text{dólares}$$

³¹ Tamanho do montante mínimo. Por exemplo de 20.000 em 20.000 dólares ou de 50.000 em 50.000 dólares.

Como a exposição calculada para esta operação não ultrapassou o limite de crédito estabelecido para este cliente, não haveria chamada de margem. Entretanto, se mercado tivesse fechado não a 687,5 c/bu, mas a 707,0 c/bu, a exposição do cliente teria sido de USD 111.518 e haveria uma chamada de margem. Se o tranche mínimo estabelecido fosse de USD 20.000, o cliente seria chamado em margem por USD 20.000.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.2-3 Curva de mercado e de lucro/prejuízo no cálculo da chamada de margem

6.MÉTODO ALTERNATIVO DE CHAMADA DE MARGEM COM CÁLCULO DE VAR

O capítulo 6, efetivamente, apresenta o método alternativo de chamada de margens baseado no cálculo do VAR da posição do cliente. Ponto alto do trabalho, este capítulo é composto de quatro itens descritos a seguir:

- Descrição do método: apresenta o método em si, descrevendo seu funcionamento e diagrama.
- Simulação: este item apresenta todo o planejamento da simulação, desde o seu equacionamento até o dimensionamento da mesma.
- Cálculo do VAR: basicamente, o cálculo do VAR é repassado através da seqüência de passos.
- Parâmetros e Variáveis do método: quadro com nome, significado e unidade de todas as variáveis e parâmetros utilizados neste método.

6.1 Descrição do método

O método de cálculo de chamada de margem aqui proposto baseia-se na utilização da metodologia VAR para o cálculo da exposição financeira da empresa com um determinado cliente. O que se pretende, é chegar a um número que seja representativo do risco do cliente para a empresa, e que será expresso da seguinte forma:

“Com X% de probabilidade, a empresa não vai perder mais do que Y u.m³². em Z dias”

Assim, pode-se comparar o risco que a empresa está disposta a correr com aquele cliente (linha de crédito e garantias já depositadas) com o VAR e determinar se haverá uma chamada de margem ou não e em que valor.

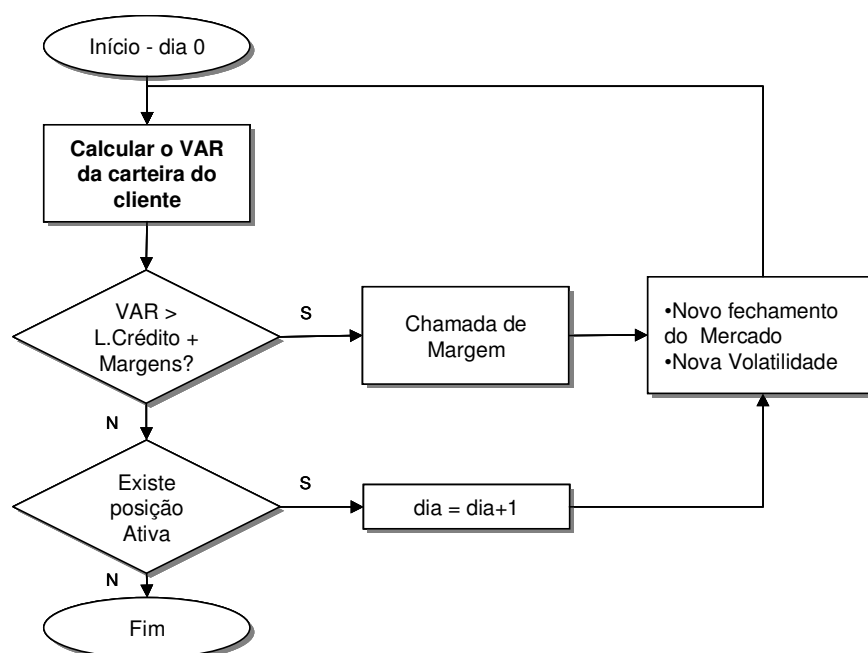
Segundo a classificação dos métodos de chamada de margem introduzida no item 5.2.3, este método se enquadra na categoria de modelos estatísticos uma vez que a metodologia VAR, por si mesma, tem uma fundamentação estatística.

³² Unidades monetárias

O método é bastante geral e a sua utilização não é limitada a um tipo particular de carteira ou instrumento financeiro podendo, portanto, ser aplicado a uma carteira de opções, *forwards* e *swaps* ou qualquer combinação dos anteriores.

O diagrama 6.1-1 da desta página ilustra o funcionamento do método e a sequência de passos é fornecida abaixo. Chamando de “Garantias Totais” à soma do limite de crédito e às margens já depositadas, temos:

1. Calcular o VAR da posição do cliente
2. Comparar o VAR ao nível de confiança desejado com as garantias totais:
3. Se o VAR for maior que as garantias totais, então chamada de margem = Arredondar para cima $((\text{VAR} - \text{garantias totais})/\text{tranche}) * \text{tranche}$
4. Ok. Não há chamada de margem
5. Fim



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6.1-1 fluxograma proposto para o cálculo da chamada de margem

6.2 Simulação

Para calcular o VAR da posição do cliente sugere-se a utilização do método de simulação de Monte Carlo em sua variação QMC por razões de eficiência computacional³³ e qualidade dos resultados.

Dentre os fatores de risco que influenciam diretamente o valor da carteira do cliente, o preço futuro do ativo foi escolhido como parâmetro de simulação. Os fatores taxa de juros e volatilidade histórica do ativo não foram incluídos por não apresentarem variações frequentes para um horizonte de tempo menor do que um ano e meio³⁴.

Para a simulação do preço futuro da *commodity*, admite-se que a distribuição de preços futuros possua distribuição log-normal, a mudança de preços possua distribuição normal e a homocedasticidade da volatilidade dos preços.

$$S(t + \delta t) = S(t) \times e^{\left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\delta t} \right]}$$

Onde:

$S = S(t + \delta t)$: Preço simulado da *commodity* σ : é a volatilidade histórica da *commodity*

$S_0 = S(t)$: Preço original do *commodity* ε : número extraído de uma distribuição normal inversa

r : taxa básica de juros e : Número de Euler (2.71828182846)

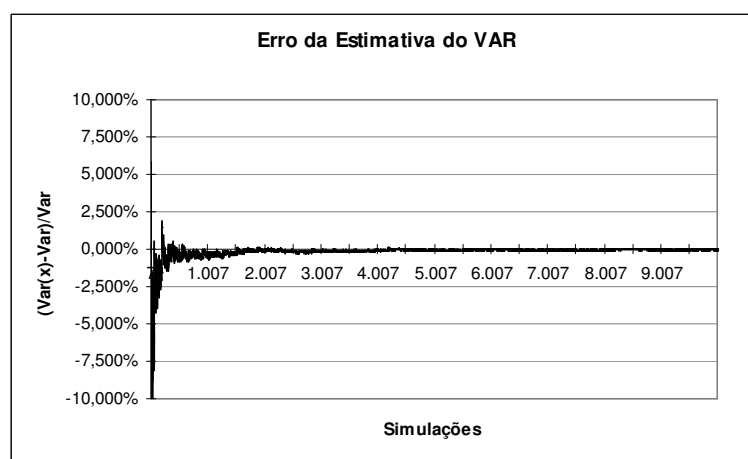
³³ Em um teste realizado pelo autor na geração de 1.000.000 de números, este método mostrou-se muito superior ao Monte Carlo tradicional com um tempo de 1' 38" contra 12' 10" para as mesmas condições de teste.

O dimensionamento da simulação depende, obviamente, da acurácia exigida. Quanto maior o número de simulações, melhor será o resultado conseguido e maior o custo da simulação (custo computacional, de tempo e financeiro). Duas formas de se dimensionar a simulação, baseadas em uma estimativa de erro são apresentadas a seguir:

Sendo NT o número total de simulações, VCM o valor médio da carteira e dVC o desvio padrão da carteira, um estimador do erro de VC é obtido por:

- $ERRO(VCM) = \frac{dVC}{\sqrt{NT}}$ mas se $NT > 500$, $ERRO(VCM) \sim \frac{dVC}{NT}$
- Rodar um número NT de simulações e calcular o erro percentual incremental do VAR da carteira até se obter um erro tolerado.

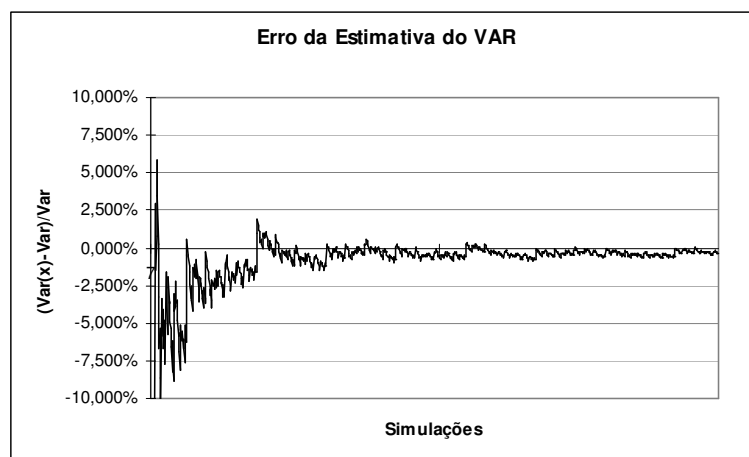
Em um teste realizado pelo autor para o dimensionamento da simulação, foi encontrado que, após 10.000 simulações, o erro no cálculo do VAR oscila entre 0,03% e 0,05% o que é bastante aceitável. As figuras abaixo foram obtidas deste teste:



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6.2-1 Estimativa de erro do VAR da posição do cliente - 1

³⁴ Normalmente as operações com derivativos não têm um horizonte maior que um ano e meio. Observe que as operações da empresa são realizadas nos Estados Unidos e portanto estão sujeitas à taxa de juros daquele país.



Fonte: Elaborado pelo autor
Figura 6.2-2 Estimativa de erro do VAR da posição do cliente - 2

6.3 Cálculo do VAR

Para calcular o VAR da posição ativa total do cliente, proceder com os seguintes passos:

1. Precificar a carteira do cliente com o preço futuro simulado S_i ;
2. Guardar o valor da carteira VC_i ;
3. Repetir 1 NT vezes;
4. Determinar o nível de confiança NC (percentil) requerido;
5. Construir o histograma da distribuição dos VC_i 's;
6. Se for possível o ajuste de uma distribuição de probabilidade conhecida:
 - 6.1 Calcular a média VCM dos valores da carteira VC_i 's;
 - 6.2 Calcular o desvio padrão dVC das simulações;
 - 6.3 Determinar o número Z correspondente à probabilidade (1-NC) na distribuição ajustada;
 - 6.4 Calcular o VAR por:
7. Senão, ordenar os NT cenários obtidos da maior perda da carteira para a menor;
8. Tomar o percentil estabelecido sobre os resultados. O valor correspondente ao Percentil + 1 cenário será o VAR da carteira;

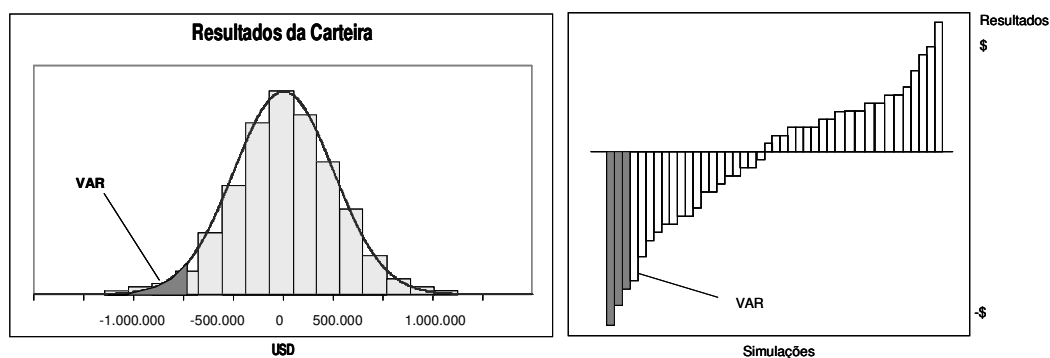


Figura 6.3-1 ilustração do significado do VAR para duas distribuições diferentes

6.4 Parâmetros e Variáveis do método

Nome	Significado	Unidade
VAR	Value at Risk - Exposição financeira da empresa com uma determinada posição do cliente	u.m
LC	Limite de crédito do cliente com a empresa	u.m
Margens	Cartas de crédito ou fundos depositados em uma conta do cliente junto à empresa como garantias	u.m
Garantias	LC + Margens	u.m
Totais		
Tranche	Menor múltiplo comum para chamadas de margem	u.m

St	Preço simulado da commodity	u.m/volume
So	Preço original da commodity	u.m/volume
NT	Número de simulações realizadas	-
r	Taxa básica de juros	-
dt	Horizonte de tempo do caminho simulado	dias
σ	Volatilidade histórica da commodity	-

VCi	Valor da carteira para a simulação i	u.m
VCM	Valor médio da carteira	u.m
dVC	Desvio padrão do valor da carteira	-
NC	Nível de Confiança	-
Z	Número obtido de uma distribuição de probabilidade padronizada correspondente à probabilidade acumulada (1-NC)	-
Percentil	Equivalente a NC, só que aplicado sobre uma série de resultados	-

7. TESTE E VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Teste e validação do método, penúltimo capítulo deste trabalho de formatura, apresentará os resultados do cálculo da chamada de margem realizado com método proposto no capítulo 6. Uma posição real de um cliente da empresa foi testada para validar o método. Entre o período de 3 de setembro até 14 de outubro deste ano, este cliente foi chamado pela empresa em 650 mil dólares ao longo de 5 chamadas.

O capítulo começa com o item “Histórico da posição do cliente”, onde a estratégia de proteção de preço adotada pelo cliente é discutida e os dados técnicos da mesma são apresentados.

“Planilhas e simulação”, apresenta a planilha construída para a validação do método e discute alguns aspectos relevantes da simulação realizada como cenários simulados, nº de simulações, linguagem de implementação, tempo de simulação e outros aspectos técnicos.

O item “Resultados” expõe de modo simples e direto os resultados obtidos fazendo uma breve análise econômica dos mesmos.

7.1 Histórico da posição do cliente

O cliente escolhido para a validação dos resultados é um cliente do segmento de soja. Basicamente, este cliente compra soja de produtores rurais, armazena parte da mesma e esmaga parte da mesma para, posteriormente, revendê-la a grandes exportadores de produtos agrícolas (*trading houses*).

Se o cliente compra a soja em uma data e a revende em outra mais tarde, ele corre o risco de ter de vender a soja a um preço de venda inferior ao preço de compra, acarretando prejuízos ao negócio. Do ponto de vista de gestão de riscos, esta exposição à variação do preço de mercado da soja é totalmente indesejada, uma vez que a competência do cliente é realizar o comércio da soja realizando ganhos no diferencial conseguido pelo preço de venda – preço de compra.

Se for possível estabelecer um preço mínimo de venda para este cliente, a gestão de risco está feita e o problema de termos um resultado negativo na equação acima é anulado. Como o leitor já deve saber, isto pode ser conseguido de duas maneiras:

- Pelo simples travamento de preços através da venda do mercado
- Pela operação com opções, o que permitirá uma flexibilidade no preço de venda.

O tipo de estrutura que este cliente escolheu para fazer o seu *hedge* foi exatamente o segundo tipo e a estratégia utilizada foi o Collar ou Fence, já apresentado no capítulo 3.

O cliente realizou o seu *hedge* entre os meses de setembro e outubro deste ano para proteger o preço de venda de abril/maio 2004, época em que o Brasil exporta grande parte da sua produção de soja. Os dados das estruturas realizadas encontram-se na tabela 7.1-1.

Tabela 7-1 Operação de hedge do cliente

Data	Operação	Strike	Vencimento	Nº de Lotes	Custo
18/08/03	Compra de Put	520,00	23/04/04	100	Zero
18/08/03	Venda de Call	611,50	23/04/04	100	
26/08/03	Compra de Put	521,60	23/04/04	120	Zero
26/08/03	Venda de Call	635,95	23/04/04	120	
03/09/03	Compra de Put	525,20	23/04/04	90	Zero
03/09/03	Venda de Call	638,00	23/04/04	90	

Nível médio dos puts

522,13

Nível médio dos calls

628,66

Como é possível ver na próxima figura, o mercado futuro de soja com vencimento em maio/04 iniciou uma escalada de preço no dia 5 de setembro e hoje está negociando ao nível de 750 c/bu. Logicamente, essa subida vertiginosa do preço da soja fez com que os *calls* vendidos do cliente entrassem no dinheiro, criando uma exposição para a empresa. Em decorrência dessa exposição crescente, a empresa se viu obrigada a chamar o cliente em margem.

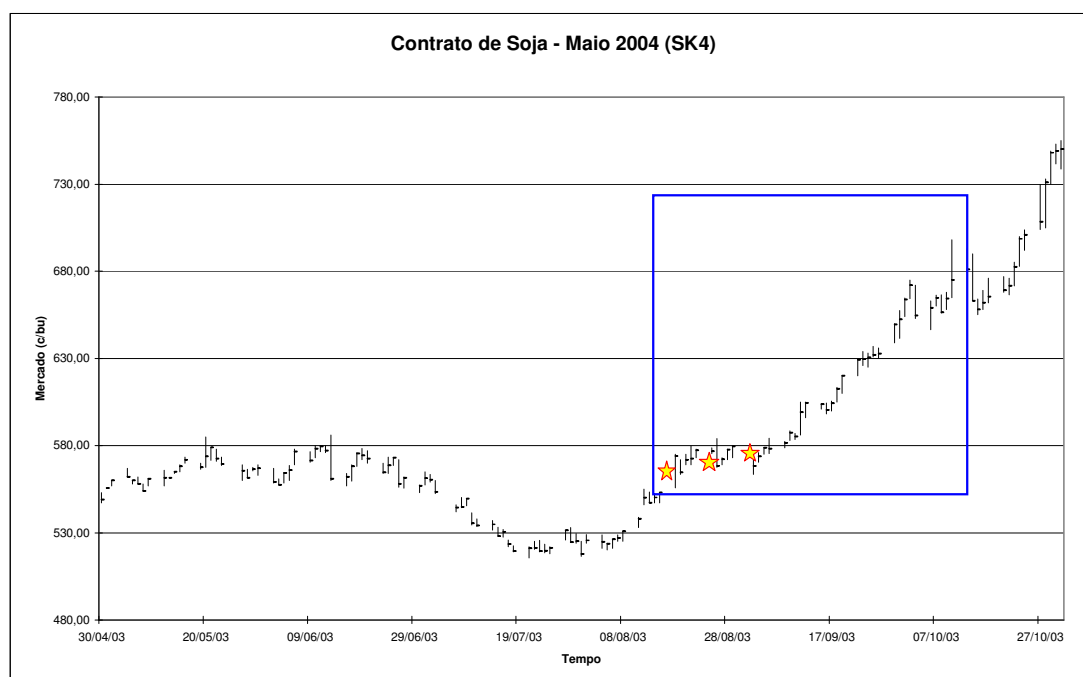
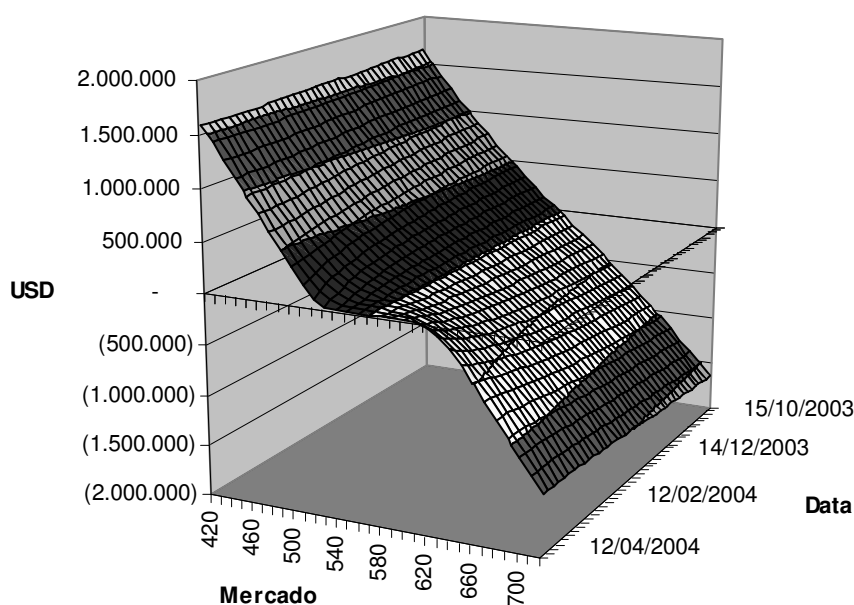


Figura 7.1-1 Dados de mercado do contrato de soja /04 de Chicago (SK4)

Para entender melhor como funciona a estrutura de *hedge* do cliente, foi criada a figura 7.1-2. Como um holograma, ela traduzia a posição financeira do cliente no dia 15 de outubro e projetava a mesma no tempo, mantendo constantes uma série de parâmetros como volatilidade, *skews* de volatilidade e taxa de juros.

No vencimento das opções, que ocorre no dia 23 de abril de 2004, é possível notar o perfil de uma *put* comprada e de um *call* vendido, exatamente como na figura 3.12-12. O que esta figura nos diz é que se o mercado expirasse a 665 c/bu no dia 23 de abril, o cliente estaria pagando para liquidar a sua posição uma vez que os *calls* vendidos estariam dentro do dinheiro.

Posição Financeira do cliente calculada em 15/10/03 - Mercado fechou a 658,00 c/bu



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7.1-2 Posição financeira do cliente

Durante o período de 03 de setembro a 14 de outubro deste ano, o cliente foi chamado em margem por um montante total de 750 mil dólares, ao longo de 5 chamadas, sendo que a linha de crédito estabelecida foi de 1,000,000 de dólares.

O histórico das chamadas de margem do cliente pode ser visto na tabela 7.1-2 a seguir.

Tabela 7-2 Chamadas de margem do cliente entre 3/09 e 14/10

Dados de Mercado			Método Atual			
Data	FM	Vol	Mercado	MTM	Falta?	Margem
03-set-03	573,75	17,50%	613,49	(367.469)	632.531	–
04-set-03	578,75	18,00%	618,83	(421.631)	578.369	–
05-set-03	578,25	17,50%	618,30	(407.643)	592.357	–
08-set-03	581,50	16,00%	621,77	(407.115)	592.885	–
09-set-03	587,50	15,25%	628,19	(444.932)	555.068	–
10-set-03	585,25	15,25%	625,78	(423.664)	576.336	–
11-set-03	599,00	18,25%	640,49	(621.310)	378.690	–
12-set-03	604,50	18,50%	646,37	(683.507)	316.493	–
15-set-03	603,75	18,00%	645,56	(662.122)	337.878	–
16-set-03	600,50	16,00%	642,09	(582.240)	417.760	–
17-set-03	604,25	16,75%	646,10	(637.485)	362.515	–
18-set-03	612,50	17,25%	654,92	(736.518)	263.482	–
19-set-03	620,00	17,50%	662,94	(825.354)	174.646	–
22-set-03	629,25	18,00%	672,83	(942.095)	57.905	–
23-set-03	629,50	17,75%	673,10	(938.487)	61.513	–
24-set-03	630,50	17,50%	674,17	(943.882)	56.118	–
25-set-03	632,00	17,50%	675,77	(961.094)	38.906	–
26-set-03	632,75	17,50%	676,57	(969.299)	30.701	–
29-set-03	649,50	19,25%	694,48	(1.214.814)	(214.814)	250.000
30-set-03	652,50	19,25%	697,69	(1.252.882)	(2.882)	50.000
01-out-03	663,75	22,00%	709,72	(1.454.531)	(154.531)	200.000
02-out-03	672,00	24,00%	718,54	(1.601.309)	(101.309)	150.000
03-out-03	654,50	25,00%	699,83	(1.388.145)	261.855	–
06-out-03	659,00	23,75%	704,64	(1.420.024)	229.976	–
07-out-03	664,75	23,25%	710,79	(1.485.393)	164.607	–
08-out-03	656,50	24,00%	701,97	(1.390.004)	259.996	–
09-out-03	664,25	23,00%	710,25	(1.472.040)	177.960	–
10-out-03	675,00	23,50%	721,75	(1.624.882)	25.118	–
13-out-03	681,00	23,50%	728,17	(1.704.342)	(54.342)	100.000
14-out-03	663,00	25,50%	708,92	(1.495.712)	254.288	–

7.2 Planilhas

Para o cálculo da chamada de margem do cliente, foi construída uma planilha³⁵ no Excel XP. A programação da planilha para a realização da simulação de QMC e do cálculo do VAR foi toda feita pelo autor e as macros resultantes podem ser encontradas no apêndice III.

O funcionamento da planilha é bastante simples. Como foi definida uma janela de tempo para a validação do método, a macro da simulação de QMC irá simular 10.000

³⁵ Anexo III

caminhos para o fechamento do mercado de cada dia observado. Estes caminhos, como foi dito no capítulo 5 correspondem a um horizonte de 7 dias.

Calculadas as 10.000 projeções de mercado, uma segunda macro calculará o valor da posição do cliente para as projeções criadas. A partir deste conjunto de dados será calculado o VAR da carteira para aquele dia. O cálculo completo do VAR para os 30 dias analisados dura aproximadamente 6 minutos e 54 segundos, com cada simulação de um dia durando aproximadamente 13 segundos³⁶. Um total de 2.100.000 simulações são realizadas³⁷.

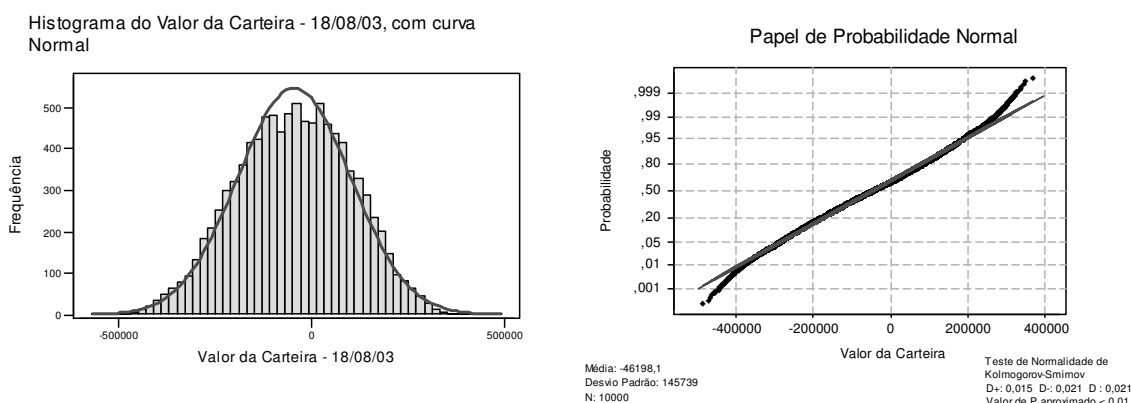


Figura 7.2-1 Teste de normalidade para 10.000 simulações

A distribuição dos resultados da carteira pôde ser satisfatoriamente aproximada pela distribuição normal, de modo que o cálculo do VAR foi feito pela equação descrita em no item 6.4. As figuras acima dão prova da distribuição dos resultados da posição do cliente.

As volatilidades diárias encontradas na planilha e nas tabelas subseqüentes, bem como a volatilidade histórica da soja, correspondem às volatilidades fornecidas pelo trader da empresa naquela época.

³⁶ Nesses 13 segundos contabiliza-se somente o tempo de processamento descontando-se o tempo de impressão.

³⁷ 30 dias x 7 dias x 10.000 = 2.100.000

7.3 Resultados

No nível de 97,5% de confiança, atualmente utilizado pela empresa, o cálculo da chamada de margem baseado no VAR se mostrou eficiente, obtendo uma redução de 100 mil dólares ou 13,3%, para o período observado. Enquanto o método atual contabilizou uma chamada total de 750 mil dólares, o método baseado no VAR calculou uma chamada de 650 mil dólares. A tabela 7.4 apresenta o resultado da simulação. Simulações para os níveis de confiança de 95% e 99% também foram realizadas e resultaram na mesma economia. As tabelas para estas simulações podem ser encontradas no anexo 10.4.

Com uma redução de 100 mil dólares nas chamadas de margem do cliente é possível estimar o custo de oportunidade que este deixaria de perder caso o método proposto fosse implementado. Para tanto, basta fazer uma análise de remuneração dos fundos remetidos versus a remuneração média que seria conseguida no país.

Os fundos remetidos para fora do país como garantias são remunerados, na conta de margens do cliente, à taxa de 1,01% ao ano. Se levarmos em consideração que estes fundos ficam em média de 2 a 3 meses nesta conta, basta tomarmos um câmbio e supormos uma aplicação que pague a taxa básica de juros para calcularmos o custo de oportunidade mínimo do cliente. Contando dois e três meses a partir do dia 14 de outubro de 2003, teríamos o seguinte quadro:

Tabela 7-3 Tabela de custo de oportunidade

Comparativo de Remuneração de fundos			
Conta de Margens			
Data	14/10/2003	Remuneração até:	
Taxa (a.a)	1,01%	13/12/2003	168,33 (usd)
Montante (USD)	100.000	12/01/2004	252,50 (usd)
Dólar em 14/10/03	2,8425		
No país			
Data	14/10/2003	Remuneração até:	
Taxa (a.a)	19,00%	13/12/2003	9.001,25 (reais)
Montante (R\$)	284.250		3.158,33 (usd)
Dólar em 14/10/03	2,8425	12/01/2004	13.501,88 (reais)
Dólar Futuro p/ 13/12/2003	2,8500		4.909,77 (usd)
Dólar Futuro p/ 12/01/2004	2,7500		
Custo de oportunidade = No país - Conta de Margens			
Remuneração até:			
13/12/2003	3.158,33	168,33	2.990,00 (usd)
12/01/2004	4.909,77	252,50	4.657,27 (usd)

Pelo quadro acima é possível ver que o custo de oportunidade ganho com a implantação do novo método oscilaria entre 3.000 e 4.700 dólares.

Mas o custo de oportunidade financeiro não é o único custo a ser avaliado na comparação do novo método com o atual. Um custo de difícil quantificação, mas talvez mais importante para o cliente é o custo de oportunidade comercial. Por custo de oportunidade comercial entenda-se o custo de perda de negócios.

Para entender melhor o peso deste custo, imagine que o cliente tenha feito remessas pesadas de margem de certa forma comprometendo seu capital de giro, e que após estas remessas, o mercado corrija sua tendência de alta e exiba um movimento de queda vertiginosa. O cliente pode ver-se em uma situação em que o produtor de soja queira vender temendo uma queda maior de preços, e ele não possua capital suficiente para comprar toda a soja que desejaria pois parte desse capital está depositado como garantia. Enquanto isto, um concorrente pode estar comprando aquela soja a um preço menor, garantindo no futuro uma performance melhor.

Tabela 7-4 Resultado da Simulação

Dados de Mercado				Método Atual				Método com VAR			
Data	FM	Vol		Mercado	MTM	Falta?	Margem	Mercado p/ Simu	VAR	Falta?	Margem
03-set-03	573,75	17,50%		613,49	(367.469)	632.531	-	573,75	(331.841)	668.159	-
04-set-03	578,75	18,00%		618,83	(421.631)	578.369	-	578,75	(382.640)	617.360	-
05-set-03	578,25	17,50%		618,30	(407.643)	592.357	-	578,25	(369.223)	630.777	-
08-set-03	581,50	16,00%		621,77	(407.115)	592.885	-	581,50	(366.819)	633.181	-
09-set-03	587,50	15,25%		628,19	(444.932)	555.068	-	587,50	(399.321)	600.679	-
10-set-03	585,25	15,25%		625,78	(423.664)	576.336	-	585,25	(379.999)	620.001	-
11-set-03	599,00	18,25%		640,49	(621.310)	378.690	-	599,00	(569.837)	430.163	-
12-set-03	604,50	18,50%		646,37	(683.507)	316.493	-	604,50	(628.919)	371.081	-
15-set-03	603,75	18,00%		645,56	(662.122)	337.878	-	603,75	(607.182)	392.818	-
16-set-03	600,50	16,00%		642,09	(582.240)	417.760	-	600,50	(526.358)	473.642	-
17-set-03	604,25	16,75%		646,10	(637.485)	362.515	-	604,25	(580.082)	419.918	-
18-set-03	612,50	17,25%		654,92	(736.518)	263.482	-	612,50	(674.342)	325.658	-
19-set-03	620,00	17,50%		662,94	(825.354)	174.646	-	620,00	(758.897)	241.103	-
22-set-03	629,25	18,00%		672,83	(942.095)	57.905	-	629,25	(871.251)	128.749	-
23-set-03	629,50	17,75%		673,10	(938.487)	61.513	-	629,50	(866.695)	133.305	-
24-set-03	630,50	17,50%		674,17	(943.882)	56.118	-	630,50	(870.682)	129.318	-
25-set-03	632,00	17,50%		675,77	(961.094)	38.906	-	632,00	(886.936)	113.064	-
26-set-03	632,75	17,50%		676,57	(969.299)	30.701	-	632,75	(894.601)	105.399	-
29-set-03	649,50	19,25%		694,48	(1.214.814)	(214.814)	250.000	649,50	(1.136.885)	(136.885)	150.000
30-set-03	652,50	19,25%		697,69	(1.252.882)	(2.882)	50.000	652,50	(1.173.621)	(23.621)	50.000
01-out-03	663,75	22,00%		709,72	(1.454.531)	(154.531)	200.000	663,75	(1.377.645)	(177.645)	200.000
02-out-03	672,00	24,00%		718,54	(1.601.309)	(101.309)	150.000	672,00	(1.525.475)	(125.475)	150.000
03-out-03	654,50	25,00%		699,83	(1.388.145)	261.855	-	654,50	(1.319.064)	230.936	-
06-out-03	659,00	23,75%		704,64	(1.420.024)	229.976	-	659,00	(1.347.368)	202.632	-
07-out-03	664,75	23,25%		710,79	(1.485.393)	164.607	-	664,75	(1.409.924)	140.076	-
08-out-03	656,50	24,00%		701,97	(1.390.004)	259.996	-	656,50	(1.318.370)	231.630	-
09-out-03	664,25	23,00%		710,25	(1.472.040)	177.960	-	664,25	(1.396.048)	153.952	-
10-out-03	675,00	23,50%		721,75	(1.624.882)	25.118	-	675,00	(1.546.470)	3.530	-
13-out-03	681,00	23,50%		728,17	(1.704.342)	(54.342)	100.000	681,00	(1.623.952)	(73.952)	100.000
14-out-03	663,00	25,50%		708,92	(1.495.712)	254.288	-	663,00	(1.423.659)	226.341	-
Total				Total				Total			
				750.000				650.000			
				Economia				100.000			

8. CONCLUSÃO

Motivado por um problema real do ambiente de trabalho do autor, o presente trabalho de formatura teve por desafio a proposição de um método de chamada de margens de garantia que gerasse chamadas menos pesadas para o cliente sem, contudo, ocasionar um aumento de risco de crédito para a empresa.

Após realizar um estudo sobre os métodos existentes, optou-se pelo método do VAR por ser este um método de fácil implementação e por possuir uma abordagem compatível com instrumentos financeiros não-lineares, como o são as opções. A simulação de Quase Monte Carlo foi o método escolhido para a geração dos cenários necessários à valoração da posição do cliente. Dois motivos guiaram esta escolha: eficiência computacional e qualidade dos resultados.

A utilização do método do VAR para o cálculo da chamada de margem do cliente se mostrou válida ao gerar uma redução da ordem de 100 mil dólares no valor total das chamadas de margem durante o período avaliado. Além disso, o nível de confiança de 97,5%, atualmente praticado pela empresa, foi respeitado, não sendo necessário o relaxamento desta condição para a consecução do objetivo proposto no capítulo 1.

Ainda que tenha sido utilizada somente uma posição composta de collars para a validação do método, não há motivos para acreditar que o método não se comporte igualmente bem para outras posições, em diferentes derivativos. A generalização deste método para simulação multivariada pode ser conseguida com relativa facilidade, pela utilização da decomposição de Cholesky. Uma observação válida no contexto dos mercados futuros de *commodities* é que os diversos vencimentos futuros de uma *commodity* guardam estreita correlação, tornando ainda mais fácil a implementação da decomposição mencionada.

Como próximos passos e direções para a melhoria do método proposto, sugere-se, aqui, um estudo adicional no campo da geração de números quase aleatórios, uma vez que a robustez e confiabilidade do método estão condicionados à qualidade dos cenários gerados. Não fosse só pelo aspecto de qualidade dos resultados, a geração eficiente de números quase aleatórios determina, diretamente, a extensão da simulação e, por conseguinte, o custo da mesma.

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAER, H; FRANCE, V; MOSER, J. Opportunity Cost and Prudentiality: an Analysis of Futures Clearinghouse Behaviour, Urbana-Champaign, OFOR Paper No. 96-01. 1996.

BOYLE, P P; BROADIE, M; GLASSERMAN, M. Monte Carlo Methods for Security Pricing. *Journal of Economic Dynamics and Control*. v21. 1997.

DAY, T. LEWIS, C. Margin Adequacy and Standards: An analysis of the crude oil Futures Market., Dallas, p.96-141, 1999.

ESTADOS UNIDOS. Chicago board of Trade. **Commodity Trading Manual**. 9ed. Chicago 1998.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Department of Agriculture. **Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis**. No774 Washington.1999

FENN, G W; KUPIEC, P. Prudential Margin Policy in a Futures-Style Settlement System, *Journal of Futures Markets*, Vol. 13, No. 4, pages 389-408. 1993.

FIGLEWSKI, S. Margins and Market Integrity: Margin Setting for Stock Index Futures and Options. *Journal of Futures Markets*, Vol. 4, No. 3, pages 385-416. 1984.

GAY, G; HUNTER, W; KOLB, R. A Comparative Analysis of Futures Contract Margins. *Journal of Futures Markets*. Vol. 6. No. 2. p. 307-324, 1986.

HARDOUVELLI, G; KIM, D. Margin Requirements, Price Fluctuations, and Market Participation in Metal Futures. *Journal of Money, Credit and Banking*. Vol. 27, No. 3, p. 659-671. 1995.

HOUAISS. Dicionário eletrônico da Língua Portuguesa, Versão 1.0. Dezembro 2001.

HULL. **Options Futures and Other Derivatives**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 744p.

- JORION, P. **Value at Risk**: A nova fonte de referência para o controle do risco de Mercado. Trad. Da Bolsa de Mercadorias & Futuros. São Paulo: BM&F, 1998.305p.
- KNOTT, R; MILLS, A. Modelling Risk in Central Counterparty Clearing Houses. *Financial Stability Review*, Londres , p.162-173, Dezembro 2002.
- LUENBERGER, D. **Investment Science**. 1st ed. New York. Oxford University Press, 1998. 494p.
- MINA, J; XIAO, J. Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard. NewYork. 2001. 119p.
- MORO, B. The full Monte. *Risk*, v. 8, n. 2, p. 57-58, Fevereiro. 1995.
- MOROKOFF, W; CAFLISH, R. Quasi-random sequences and their discrepancies. *Siam J Sci. Stat Computing* (2000).
- NATEMBERG, S. **Option Volatility and Pricing**. Chicago. Cambridge: Probus Publishing Company, 1994. 469p.
- PASKOW, S H; TRAUB, J F. Faster valuation of financial derivatives. *The Journal of Portfolio Management*. Outono, 1995
- RMG - RISK METRICS GROUP. **Risk Management: a practical guide**. NewYork, 1st ed.1999. 156p.
- SASSATANI, R; SIQUEIRA, J. Precificação de opções européias e exóticas (path-dependent) por simulação de Monte Carlo. III Semead. São Paulo.
- SILVA, M; BARBE, T. Quasi Monte Carlo in Finance: Extending for High Dimensional Problems. Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica - FEA 30p. 2003.
- WALPOLE, R.; MYERS, R. **Probability and Statistics for Engineers and Scientists**. 5ed. New York. Prentice Hall, 1993.
-

WILMOTT, P; HOWISON, S; DEWYNNE, J. **The mathematics of Financial Derivatives: a student introduction.** New York. Cambridge Press, 1995.317p.

10. ANEXOS

10.1 Cálculo da Volatilidade histórica

Para calcular a volatilidade σ_n de uma *commodity* basta calcular o desvio padrão dos retornos logarítmicos diários.

Sejam:

σ_n : a volatilidade da *commodity*

σ_n^2 : variância da *commodity*

n: número de dias

S_i : Mercado no dia i

u_i : retornos logarítmicos diários

Calculam-se:

$$1. u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right) \quad \text{Eq.10.1}$$

Sendo m o número de observações mais recentes, temos:

$$2. \bar{u} = \frac{1}{m} \times \left(\sum_{i=1}^m u_{n-i} \right) \quad \text{Eq.10.2}$$

$$3. \sigma_n^2 = \frac{1}{m-1} \times \sum_{i=1}^m (u_{n-i} - \bar{u})^2 \quad \text{Eq.10.3}$$

Um estimador da variância diária será σ_n^2 . Para encontrar a volatilidade anualizada da *commodity* basta tirar a raiz quadrada de σ_n^2 e multiplicar o resultado por $\sqrt{252}$.

10.2 Derivação da Equação de Black e Scholes

Suponha o processo (discreto) de movimentação do ativo regido por:

$$\delta S = \mu S \delta t + \sigma S \delta z \quad \text{Eq.10.4}$$

Seja f o preço de um *call* ou de um outro derivativo baseado no preço S de um ativo subjacente. A variável f deve ser função de S e t . Segundo o lema de Ito, f terá a seguinte forma:

$$\delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \delta z, \quad \text{Eq.10.5}$$

onde δf e δS são pequenas modificações no preço do *call* e no preço do ativo subjacente para um intervalo de tempo δt . Como o processo de Wiener δz nas equações acima é o mesmo tanto para o derivativo quanto para o ativo subjacente, é possível montar um portfolio e eliminar o mesmo. Seja então o seguinte portfólio:

$$\left. \begin{array}{l} + \frac{\partial f}{\partial S} : \text{ações do ativo} \\ -1 : \text{derivativo} \end{array} \right\} P$$

Definindo o valor deste portfólio por Π , uma mudança no valor do mesmo pode ser descrita por:

$$\delta \Pi = \frac{\partial f}{\partial S} \delta S - \delta f \quad \text{Eq.10.6}$$

Substituindo as equações acima nesta última temos:

$$\delta \Pi = \left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \delta t \quad \text{Eq.10.7}$$

Como a equação anterior não envolve o termo δx , o portfólio acima construído é livre de riscos e a rentabilidade do mesmo durante um intervalo de tempo δt deve ser a taxa livre de riscos r . Em outras palavras, $\delta \Pi = r \Pi \delta t$ e substituindo as equações X e Y temos a equação diferencial de Black – Scholes – Merton:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 = rf \quad \text{Eq.10.8}$$

Essa equação possui tantas soluções quantos forem os derivativos definidos sobre S . Para achar a solução analítica do preço de um derivativo em particular, determinam-se as apropriadas condições de contorno do *payoff* do derivativo para um tempo t e para um valor de S especificados, e aplicam-se as mesmas à equação.

Aplicando-se:

$$f = \text{máximo}(S - K, 0) \text{ para } t = T \quad (\text{condição de contorno do } Call)$$

e

$$f = \text{máximo}(K - S, 0) \text{ para } t = T \quad (\text{condição de contorno da } Put)$$

chega-se a:

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \quad (\text{preço do } Call) \quad \text{Eq.10.9}$$

$$p = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (\text{preço da } Put) \quad \text{Eq.10.10}$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \quad \text{Eq.10.11}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \sqrt{T} \quad \text{Eq.10.12}$$

Cálculo de Margens

05/11/2003 00:30

<div> <div>Iterações</div> <div>10.000</div> </div> <div> <div>Dias Simulados</div> <div>7</div> </div> <div> <div>Taxa de Juros</div> <div>1,00%</div> </div> <div> <div>Volatilidade</div> <div>25,50%</div> </div> <div> <div>Mercado</div> <div>663,00</div> </div> <div> <div>Hoje</div> <div>14-out-03</div> </div> <div> <div>Limite de Crédito</div> <div>\$1.000.000</div> </div> <div> <div>Vol. Histórica*</div> <div>20,50%</div> </div> <div> <div>97,50%</div> <div>1,96</div> </div> <div> <div>Credit Factor</div> <div>1,0693</div> </div> <div> <div>Tranche</div> <div>41,961</div> </div>	<div> <div>Tipo</div> <div>Put</div> <div>Call</div> </div> <div> <div>Vencimento</div> <div>23-abr-04</div> <div>23-abr-04</div> </div> <div> <div>Strike</div> <div>520,00</div> <div>611,50</div> </div> <div> <div>Volatilidade</div> <div>24,45%</div> <div>25,14%</div> </div> <div> <div>Lotes</div> <div>100</div> <div>-100</div> </div> <div> <div>Quantidade</div> <div>500.000</div> <div>(500.000)</div> </div> <div> <div>Prêmio (c/bu)</div> <div>4,04</div> <div>76,10</div> </div> <div> <div>Prêmio (USD)</div> <div>\$20.216</div> <div>-\$380.493</div> </div> <div> <div>MTM</div> <div>-\$360.276,6</div> </div> <div> <div>MTM Total</div> <div>-\$959.584</div> </div>	<div> <div>Put</div> <div>Call</div> </div> <div> <div>23-abr-04</div> <div>23-abr-04</div> </div> <div> <div>521,60</div> <div>635,95</div> </div> <div> <div>24,46%</div> <div>25,32%</div> </div> <div> <div>120</div> <div>-120</div> </div> <div> <div>600.000</div> <div>(600.000)</div> </div> <div> <div>4,21</div> <div>61,93</div> </div> <div> <div>\$25.278</div> <div>-\$371.586</div> </div> <div> <div>-\$346.307,3</div> </div> <div> <div>-\$253.000,4</div> </div>	<div> <div>Put</div> <div>Call</div> </div> <div> <div>23-abr-04</div> <div>23-abr-04</div> </div> <div> <div>525,20</div> <div>638,00</div> </div> <div> <div>24,49%</div> <div>25,34%</div> </div> <div> <div>90</div> <div>-90</div> </div> <div> <div>450.000</div> <div>(450.000)</div> </div> <div> <div>4,61</div> <div>60,84</div> </div> <div> <div>\$20.776</div> <div>-\$273.767</div> </div> <div> <div>-\$253.000,4</div> </div> <div> <div>-\$253.000,4</div> </div>
<div> <div>data</div> <div>mercado</div> </div> <div> <div>18-ago-03</div> <div>560</div> </div> <div> <div>26-ago-03</div> <div>571</div> </div> <div> <div>03-set-03</div> <div>574</div> </div>	<div> <div>Método Atual</div> <div>Total</div> </div> <div> <div>713.330</div> </div> <div> <div>Método com VAR</div> <div>Total</div> </div> <div> <div>545.488</div> </div>	<div> <div>Margem</div> <div>713.330</div> </div>	<div> <div>Margem</div> <div>545.488</div> </div>
<div> <div>Dados de Mercado</div> </div>	<div> <div>Mercado</div> <div>MTM</div> <div>Falta?</div> </div>	<div> <div>Margem</div> </div>	<div> <div>Mercado p/ Simu</div> <div>VAR</div> <div>Falta?</div> <div>Margem</div> </div>
<div> <div>Data</div> <div>FM</div> <div>Vol</div> </div>	<div> <div>18-ago-03</div> <div>574,00</div> <div>17,25%</div> </div> <div> <div>19-ago-03</div> <div>564,50</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>20-ago-03</div> <div>571,75</div> <div>17,00%</div> </div> <div> <div>21-ago-03</div> <div>572,50</div> <div>17,00%</div> </div> <div> <div>22-ago-03</div> <div>577,25</div> <div>16,50%</div> </div> <div> <div>25-ago-03</div> <div>576,75</div> <div>17,00%</div> </div> <div> <div>26-ago-03</div> <div>568,25</div> <div>17,00%</div> </div> <div> <div>27-ago-03</div> <div>572,25</div> <div>17,25%</div> </div> <div> <div>28-ago-03</div> <div>577,50</div> <div>17,00%</div> </div> <div> <div>29-ago-03</div> <div>579,50</div> <div>17,25%</div> </div> <div> <div>02-set-03</div> <div>568,25</div> <div>17,25%</div> </div> <div> <div>03-set-03</div> <div>573,75</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>04-set-03</div> <div>578,75</div> <div>18,00%</div> </div> <div> <div>05-set-03</div> <div>578,25</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>08-set-03</div> <div>581,50</div> <div>16,00%</div> </div> <div> <div>09-set-03</div> <div>587,50</div> <div>15,25%</div> </div> <div> <div>10-set-03</div> <div>585,25</div> <div>15,25%</div> </div> <div> <div>11-set-03</div> <div>599,00</div> <div>18,25%</div> </div> <div> <div>12-set-03</div> <div>604,50</div> <div>18,50%</div> </div> <div> <div>15-set-03</div> <div>603,75</div> <div>18,00%</div> </div> <div> <div>16-set-03</div> <div>600,50</div> <div>16,00%</div> </div> <div> <div>17-set-03</div> <div>604,25</div> <div>16,75%</div> </div> <div> <div>18-set-03</div> <div>612,50</div> <div>17,25%</div> </div> <div> <div>19-set-03</div> <div>620,00</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>22-set-03</div> <div>629,25</div> <div>18,00%</div> </div> <div> <div>23-set-03</div> <div>629,50</div> <div>17,75%</div> </div> <div> <div>24-set-03</div> <div>630,50</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>25-set-03</div> <div>632,00</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>26-set-03</div> <div>632,75</div> <div>17,50%</div> </div> <div> <div>29-set-03</div> <div>649,50</div> <div>19,25%</div> </div> <div> <div>30-set-03</div> <div>652,50</div> <div>19,25%</div> </div> <div> <div>01-out-03</div> <div>663,75</div> <div>22,00%</div> </div> <div> <div>02-out-03</div> <div>672,00</div> <div>24,00%</div> </div> <div> <div>03-out-03</div> <div>654,50</div> <div>25,00%</div> </div> <div> <div>06-out-03</div> <div>659,00</div> <div>23,75%</div> </div> <div> <div>07-out-03</div> <div>664,75</div> <div>23,25%</div> </div> <div> <div>08-out-03</div> <div>656,50</div> <div>24,00%</div> </div> <div> <div>09-out-03</div> <div>664,25</div> <div>23,00%</div> </div> <div> <div>10-out-03</div> <div>675,00</div> <div>23,50%</div> </div> <div> <div>13-out-03</div> <div>681,00</div> <div>23,50%</div> </div> <div> <div>14-out-03</div> <div>663,00</div> <div>25,50%</div> </div>	<div> <div>613,49</div> <div>(367.469)</div> <div>632.531</div> </div> <div> <div>618,83</div> <div>(421.631)</div> <div>578.369</div> </div> <div> <div>618,30</div> <div>(407.643)</div> <div>592.357</div> </div> <div> <div>621,77</div> <div>(407.115)</div> <div>592.885</div> </div> <div> <div>628,19</div> <div>(444.932)</div> <div>555.068</div> </div> <div> <div>625,78</div> <div>(423.664)</div> <div>576.336</div> </div> <div> <div>640,49</div> <div>(621.310)</div> <div>378.690</div> </div> <div> <div>646,37</div> <div>(683.507)</div> <div>316.493</div> </div> <div> <div>645,56</div> <div>(662.122)</div> <div>337.878</div> </div> <div> <div>642,09</div> <div>(582.240)</div> <div>417.760</div> </div> <div> <div>646,10</div> <div>(637.485)</div> <div>362.515</div> </div> <div> <div>654,92</div> <div>(736.518)</div> <div>263.482</div></div>	

Resultados

D-30	VAR	(\$1.509.097)
	Chamada?	Não
	Margens	\$1.755.317
	Média	(966.609)
	DesvPad	233.193
	99,00%	2,33

No.	Mercado	Valor
1	638,86	(700.735)
2	643,46	(748.939)
3	689,36	(1.260.192)
4	621,38	(521.941)
5	658,42	(909.284)
6	675,01	(1.094.111)
7	636,97	(681.039)
8	672,34	(1.063.898)
9	662,09	(949.595)
10	650,80	(826.876)
11	686,98	(1.232.257)
12	649,37	(811.609)
13	664,29	(973.816)
14	703,98	(1.435.275)
15	635,61	(666.954)
16	678,54	(1.134.403)
17	685,94	(1.220.104)
18	628,82	(597.245)
19	660,05	(927.087)
20	656,60	(889.526)
21	639,96	(712.183)
22	676,76	(1.114.075)
23	643,63	(750.681)
24	653,72	(858.330)
25	695,11	(1.328.265)
26	628,56	(594.591)
27	667,00	(1.003.975)
28	679,68	(1.147.591)
29	644,52	(760.088)
30	680,75	(1.159.881)
31	666,46	(997.903)
32	659,13	(917.100)
33	696,14	(1.340.671)
34	653,78	(858.970)
35	652,66	(846.883)
36	687,94	(1.243.490)
37	618,68	(494.849)
38	655,83	(881.165)
39	673,80	(1.080.381)
40	634,81	(658.740)
41	670,12	(1.038.869)
42	660,94	(936.952)
43	648,68	(804.276)
44	684,86	(1.207.440)
45	648,19	(798.987)
46	662,03	(948.876)
47	701,86	(1.409.494)
48	634,22	(652.652)
49	675,79	(1.103.010)
50	684,59	(1.204.363)
51	652,87	(849.125)
52	674,90	(1.092.874)
53	655,45	(877.023)

D-1	VAR	(\$385.238)
	Chamada?	Não
	Margens	\$1.000.000
	Média	(46.198)
	DesvPad	145.739
	99,00%	2,3

No.	Mercado	Valor
1	552,86	120.550
2	556,84	88.428
3	596,56	(226.894)
4	537,74	246.209
5	569,78	(14.379)
6	584,14	(127.564)
7	551,22	133.868
8	581,83	(109.322)
9	572,97	(39.444)
10	563,19	37.762
11	594,50	(210.255)
12	561,96	47.574
13	574,86	(54.387)
14	609,22	(331.243)
15	550,05	143.464
16	587,20	(151.785)
17	593,60	(203.012)
18	544,17	191.912
19	571,19	(25.481)
20	568,21	(1.995)
21	553,81	112.862
22	585,66	(139.579)
23	556,99	87.279
24	565,72	17.704
25	601,53	(267.416)
26	543,95	193.790
27	577,21	(72.883)
28	588,19	(159.690)
29	557,76	81.088
30	589,11	(167.048)
31	576,74	(69.168)
32	570,40	(19.259)
33	602,43	(274.802)
34	565,77	17.298
35	564,80	24.980
36	595,33	(216.948)
37	535,40	266.289
38	567,55	3.267
39	583,09	(119.284)
40	549,36	149.089
41	579,91	(94.147)
42	571,97	(31.610)
43	561,36	52.306
44	592,66	(195.460)
45	560,93	55.726
46	572,91	(38.999)
47	607,38	(315.836)
48	548,85	153.272
49	584,82	(132.923)
50	592,44	(193.624)
51	564,98	23.553
52	584,05	(126.818)
53	567,22	5.878

D-2	VAR	(\$437.641)
	Chamada?	Não
	Margens	\$1.000.000
	Média	(88.412)
	DesvPad	150.119
	99,00%	2,33

No.	Mercado	Valor
1	557,68	83.128
2	561,69	50.421
3	601,76	(275.012)
4	542,42	210.203
5	574,75	(54.876)
6	589,23	(171.783)
7	556,03	96.661
8	586,90	(152.881)
9	577,96	(80.683)
10	568,10	(1.356)
11	599,68	(257.690)
12	566,85	8.689
13	579,87	(96.093)
14	614,53	(383.819)
15	554,84	106.403
16	592,31	(196.910)
17	598,78	(250.152)
18	548,92	155.461
19	576,17	(66.300)
20	573,17	(42.143)
21	558,64	75.309
22	590,76	(184.243)
23	561,84	49.249
24	570,65	(21.917)
25	606,78	(317.235)
26	548,69	157.358
27	582,24	(115.189)
28	593,31	(205.117)
29	562,62	42.935
30	594,25	(212.761)
31	581,77	(111.352)
32	575,37	(59.896)
33	607,68	(324.937)
34	570,70	(22.334)
35	569,72	(14.454)
36	600,52	(264.655)
37	540,06	230.387
38	572,49	(36.737)
39	588,18	(163.201)
40	554,15	112.110
41	584,97	(137.174)
42	576,96	(72.612)
43	566,25	13.530
44	597,83	(242.295)
45	565,82	17.028
46	577,90	(80.225)
47	612,67	(367.741)
48	553,63	116.351
49	589,91	(177.340)
50	597,60	(240.386)
51	569,91	(15.918)
52	589,14	(171.010)
53	572,16	(34.056)

10.4 Cálculos com 95% e 99% de Confiança

Nível de Confiança: 99%

Dados de Mercado				Método Atual				Método com VAR			
Data	FM	Vol		Mercado	MTM	Falta?	Margem	Mercado p/ Simu	VAR	Falta?	Margem
03-set-03	573, 75	17,50%		621, 22	(434.557)	565.443	-	573, 75	(385.238)	614.762	-
04-set-03	578, 75	18,00%		626, 63	(491.664)	508.336	-	578, 75	(437.641)	562.359	-
05-set-03	578, 25	17,50%		626, 09	(476.499)	523.501	-	578, 25	(422.923)	577.077	-
08-set-03	581, 50	16,00%		629, 61	(474.695)	525.305	-	581, 50	(416.918)	583.082	-
09-set-03	587, 50	15,25%		636, 10	(514.743)	485.257	-	587, 50	(448.341)	551.659	-
10-set-03	585, 25	15,25%		633, 67	(492.071)	507.929	-	585, 25	(428.486)	571.514	-
11-set-03	599, 00	18,25%		648, 55	(700.845)	299.155	-	599, 00	(628.513)	371.487	-
12-set-03	604, 50	18,50%		654, 51	(766.058)	233.942	-	604, 50	(689.423)	310.577	-
15-set-03	603, 75	18,00%		653, 70	(743.849)	256.151	-	603, 75	(666.258)	333.742	-
16-set-03	600, 50	16,00%		650, 18	(660.728)	339.272	-	600, 50	(580.036)	419.964	-
17-set-03	604, 25	16,75%		654, 24	(718.705)	281.295	-	604, 25	(636.528)	363.472	-
18-set-03	612, 50	17,25%		663, 17	(822.897)	177.103	-	612, 50	(734.443)	265.557	-
19-set-03	620, 00	17,50%		671, 29	(916.260)	83.740	-	620, 00	(822.099)	177.901	-
22-set-03	629, 25	18,00%		681, 31	(1.038.422)	(38.422)	50.000	629, 25	(938.664)	61.336	-
23-set-03	629, 50	17,75%		681, 58	(1.035.101)	14.899	-	629, 50	(933.838)	66.162	-
24-set-03	630, 50	17,50%		682, 66	(1.041.263)	8.737	-	630, 50	(937.887)	62.113	-
25-set-03	632, 00	17,50%		684, 28	(1.059.422)	(9.422)	50.000	632, 00	(954.751)	45.249	-
26-set-03	632, 75	17,50%		685, 10	(1.068.119)	31.881	-	632, 75	(962.704)	37.296	-
29-set-03	649, 50	19,25%		703, 23	(1.322.064)	(222.064)	250.000	649, 50	(1.213.838)	(213.838)	250.000
30-set-03	652, 50	19,25%		706, 48	(1.361.805)	(11.805)	50.000	652, 50	(1.251.869)	(1.869)	50.000
01-out-03	663, 75	22,00%		718, 66	(1.567.048)	(167.048)	200.000	663, 75	(1.461.887)	(161.887)	200.000
02-out-03	672, 00	24,00%		727, 59	(1.716.423)	(116.423)	150.000	672, 00	(1.613.582)	(113.582)	150.000
03-out-03	654, 50	25,00%		708, 65	(1.495.452)	254.548	-	654, 50	(1.401.793)	248.207	-
06-out-03	659, 00	23,75%		713, 52	(1.529.646)	220.354	-	659, 00	(1.430.669)	219.331	-
07-out-03	664, 75	23,25%		719, 74	(1.597.870)	152.130	-	664, 75	(1.494.998)	155.002	-
08-out-03	656, 50	24,00%		710, 81	(1.498.482)	251.518	-	656, 50	(1.400.900)	249.100	-
09-out-03	664, 25	23,00%		719, 20	(1.584.503)	165.497	-	664, 25	(1.480.783)	169.217	-
10-out-03	675, 00	23,50%		730, 84	(1.741.960)	8.040	-	675, 00	(1.635.422)	14.578	-
13-out-03	681, 00	23,50%		737, 34	(1.824.243)	(74.243)	100.000	681, 00	(1.715.184)	(65.184)	100.000
14-out-03	663, 00	25,50%		717, 85	(1.606.737)	243.263	-	663, 00	(1.509.097)	240.903	-
Total				850.000				Total			
								750.000			

Nível de Confiança: 95%

Dados de Mercado

Data	FM	Vol
03-set-03	573,75	17,50%
04-set-03	578,75	18,00%
05-set-03	578,25	17,50%
08-set-03	581,50	16,00%
09-set-03	587,50	15,25%
10-set-03	585,25	15,25%
11-set-03	599,00	18,25%
12-set-03	604,50	18,50%
15-set-03	603,75	18,00%
16-set-03	600,50	16,00%
17-set-03	604,25	16,75%
18-set-03	612,50	17,25%
19-set-03	620,00	17,50%
22-set-03	629,25	18,00%
23-set-03	629,50	17,75%
24-set-03	630,50	17,50%
25-set-03	632,00	17,50%
26-set-03	632,75	17,50%
29-set-03	649,50	19,25%
30-set-03	652,50	19,25%
01-out-03	663,75	22,00%
02-out-03	672,00	24,00%
03-out-03	654,50	25,00%
06-out-03	659,00	23,75%
07-out-03	664,75	23,25%
08-out-03	656,50	24,00%
09-out-03	664,25	23,00%
10-out-03	675,00	23,50%
13-out-03	681,00	23,50%
14-out-03	663,00	25,50%

Método Atual

Mercado	MTM	Falta?	Margem	Mercado p/ Simu	VAR	Falta?	Margem
606,92	(311.977)	688.023	-	573,75	(285.917)	714.083	-
612,21	(363.713)	636.287	-	578,75	(335.336)	664.664	-
611,68	(350.827)	649.173	-	578,25	(323.039)	676.961	-
615,12	(351.941)	648.059	-	581,50	(323.732)	676.268	-
621,46	(388.355)	611.645	-	587,50	(357.161)	642.839	-
619,08	(368.211)	631.789	-	585,25	(338.297)	661.703	-
633,63	(555.878)	444.122	-	599,00	(519.372)	480.628	-
639,45	(615.570)	384.430	-	604,50	(576.883)	423.117	-
638,65	(595.035)	404.965	-	603,75	(556.374)	443.626	-
635,21	(518.473)	481.527	-	600,50	(480.191)	519.809	-
639,18	(571.231)	428.769	-	604,25	(531.535)	468.465	-
647,91	(665.861)	334.139	-	612,50	(622.652)	377.348	-
655,84	(750.858)	249.142	-	620,00	(704.541)	295.459	-
665,63	(862.929)	137.071	-	629,25	(813.272)	186.728	-
665,89	(859.149)	140.851	-	629,50	(808.948)	191.052	-
666,95	(863.961)	136.039	-	630,50	(812.883)	187.117	-
668,53	(880.375)	119.625	-	632,00	(828.613)	171.387	-
669,33	(888.169)	111.831	-	632,75	(836.028)	163.972	-
687,05	(1.126.116)	(126.116)	150.000	649,50	(1.070.703)	(70.703)	100.000
690,22	(1.162.747)	(12.747)	50.000	652,50	(1.106.323)	(6.323)	50.000
702,12	(1.360.902)	(160.902)	200.000	663,75	(1.305.193)	(155.193)	200.000
710,85	(1.505.224)	(105.224)	150.000	672,00	(1.449.699)	(99.699)	100.000
692,34	(1.298.593)	251.407	-	654,50	(1.247.913)	202.087	-
697,10	(1.328.682)	221.318	-	659,00	(1.275.724)	174.276	-
703,18	(1.391.684)	158.316	-	664,75	(1.336.755)	113.245	-
694,45	(1.299.618)	250.382	-	656,50	(1.247.390)	202.610	-
702,65	(1.378.385)	171.615	-	664,25	(1.323.172)	126.828	-
714,02	(1.527.212)	22.788	-	675,00	(1.469.967)	(19.967)	50.000
720,37	(1.604.254)	(54.254)	100.000	681,00	(1.545.488)	(45.488)	50.000
701,33	(1.403.029)	246.971	-	663,00	(1.350.177)	199.823	-

Total

650.000

Total

550.000

11. APÊNDICES

11.1 Exemplo de Contrato de exportação de açúcar e futuro de bolsa

CONTRATO Nº XX-XXX CONTRATO DE COMPRA E VENDA DE AÇÚCAR SOB Nº XX-XXX, DATADO DE 15/02/200X, DESTINADO A EXPORTAÇÃO PARA O MERCADO LIVRE MUNDIAL E OUTROS PACTOS, NA FORMA ABAIXO:

São partes neste Contrato:

a) XPTO AÇÚCAR DOCE S/A, com sede no bairro Alegria, s/n, na cidade de Araraquara, no Estado de São Paulo, inscrita no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (C.N.P.J) sob nº XX.XXX.XXX/XXXXX-XX, neste ato representada por seus diretores infra-assinados, doravante designada abreviadamente VENDEDORA;

b) ANT CANDYS INDUSTRY CO, estabelecida na Sugar Loaf Street, P.O. Box N-3930, Nassau, Bahamas, neste ato representada por CANAL DE EXPORTAÇÃO S/A estabelecida na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo, a Rua Dna Maria Carolina nº 778, 2º andar, inscrita no CNPJ sob o nº YY.YYY.YYY/YYYY-YY, representada neste ato por seu Diretor Presidente, Sr. Joaquim Gosta de Açúcar, brasileiro, solteiro, engenheiro, portador da cédula de identidade RG sob no XX.XXX.XX-X, da SSP do Estado de São Paulo, e inscrito no CPF/MF sob nº XXX.XXX.XXX-XX, doravante designada coletiva e abreviadamente COMPRADORA;

A VENDEDORA, pelo presente contrato, vende a COMPRADORA, para exportação ao mercado mundial, a quantidade abaixo indicada de açúcar VHP, nos termos e condições que se seguem:

1. QUANTIDADE: 103.000 tm (cento e três mil toneladas métricas), +/- 5%, a opção da COMPRADORA, na condição FOB Estivado Santos.

2. QUALIDADE: Açúcar centrifugado, puro, de cana-de-açúcar (Sound Centrifugal Raw Cane Sugar), VHP, de produção da VENDEDORA, a granel, da safra 2001/2002, com polarização mínima de 99,00 graus e máxima de 99,49 graus, umidade máxima de 0,15% e teor de cinzas Máximo de 0,15%, aferidos no embarque, dentro das normas e especificações do Contrato de Futuros sob nº 11 da NEW YORK COFFEE, SUGAR AND COCOA Exchange ("NYCSCE"), inclusive quanto a redação dos documentos de embarque.

3. DESTINO: Qualquer destino do mercado livre mundial, a opção da COMPRADORA.

4. PORTO DE EMBARQUE: O porto de embarque do açúcar objeto do presente contrato será a Porto de Santos, no Estado de São Paulo. O embarque do produto se processará através do terminal da XPTO Açúcar Doce S/A naquele porto.

5. PERIODO DE EMBARQUE: O embarque da quantidade total contratada ocorrerá nos seguintes períodos:

a) Para 8.000 tm, +/- 5%, COMPRADORA: de 01/05/2001 a 30/05/2001 à opção da COMPRADORA

b) Para 25.000 tm, +/- 5%, a opção da COMPRADORA: de 01/06/2001 a 30/06/2001, a opção da COMPRADORA;

c) Para 45.000 tm, +/- 5%, a opção da COMPRADORA: de 01/07/2001 a 15/09/2001, a opção da COMPRADORA;

As opções de variação quantitativa relativas a períodos de embarque acima definidos deverão ser exercidas pela COMPRADORA até a data de expiração da correspondente tela do contrato de futuros de nº 11 da NYCSCE, ou até a nomeação do navio, o que ocorrer primeiro.

A COMPRADORA dará pré-aviso de 7 dias da chegada dos navios no porto de embarque. Embarques parciais e/ou co-embarques serão permitidas.

6. PREÇO: O preço a ser pago na condição FOB estivado, arrumado nos porões dos navios no porto de embarque, será equivalente a media obtida pela venda de 2.028 lotes de 50,8 tm cada, por meio de Ordens Executáveis da VENDEDORA (SEO's), divididos por períodos de embarque e correspondentes telas do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE, conforme abaixo indicado:

a) Para a quantidade de açúcar a ser embarcada conforme cláusula 5, letra "a": por meio de SEO's para 158 lotes, contra a tela de maio de 2001 do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE, menos um desconto de 0,05 cts/lb.

b) Para a quantidade de açúcar a ser embarcada conforme cláusula 5, letra "b": por meio de SEO's para 492 lotes, contra tela de julho de 2001 do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE, menos um desconto de 0,05 cts/lb.

c) Para a quantidade de açúcar a ser embarcada conforme cláusula 5, letra "c": por meio de SEO's para 886 lotes, contra a tela de julho de 2001 do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE, menos um desconto de 0,05 cts/lb.

As SEO's deverão ser determinadas até o terceiro dia útil anterior à data de expiração da correspondente tela de futuros da NYCSCE, ou até 3 dias antes da atracação de cada navio nomeado, o que ocorrer primeiro, ressalvada a eventual determinação de outro termo final por comum acordo entre as partes.

Caso a VENDEDORA não expeça as referidas ordens ou elas não possam ser cumpridas, no todo ou em parte, até o dia anterior ao termo final estabelecido supra, a COMPRADORA fixará o preço na NYCSCE, através do Contrato de Futuros sob nº 11, para as quantidades porventura faltantes no ultimo dia do prazo ora ajustado e a VENDEDORA, desde já, compromete-se a aceitar as referidas fixações.

Os ágios e deságios sobre a polarização serão pagos de acordo com as regras da contrato de futuro sob nº 1 da NYCSCE ("Sugar '11' Rules") - escala base 96 graus de polarização.

7. PRÉ-FINANCIAMENTO: a VENDEDORA poderá solicitar a COMPRADORA pré-financiamento para o açúcar objeto do presente contrato. O valor e demais condições alusivas a tal pré-financiamento serão

oportunamente acordadas pelas partes, sendo certo, contudo, que tal valor estender-se-á a i) até 75% do preço líquido do produto, para as quantidades que j.3 tenham sido objeto de fixação de preço junto a NYCSCE, ou h) até 65% do valor líquido do açúcar, tendo-se como referenda a cotação do produto na(s) correspondente(s) tela(s) do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE.

Na hipótese do item "ii" acima, uma vez que a quantidade de açúcar que seja pré-financiada na forma daquele item passe a ter seu preço fixado na NYCSCE, o pré-financiamento poderá, a pedido da VENDEDORA, ser complementado ao patamar de até 75% do preço líquido do produto.

8. PAGAMENTO: Através de carta de crédito emitida por banco de primeira linha, as despesas da VENDEDORA, para pagamento contra a entrega de todos os documentos de embarque solicitados pelo país de destino do açúcar, notadamente o EL e demais certificados, tais como de Peso e Qualidade, de Origem, de Saúde, Fitossanitário, de Não-Radioatividade, GSP Form A, com ";;...I; consulares se forem necessários, e outros que venham a ser exigidos pelo país de destino. A VENDEDORA poderá, ~ seu critério, optar pela liquidação ao na condição CAD (Cash Against Documents), para pagamento 10 dias após a entrega, pela VENDEDORA, dos documentos de embarque

9. Peso e Qualidade: peso e qualidade serão determinados quando do embarque, por empresa de supervisão independente internacionalmente reconhecida, as despesas da VENDEDORA.

10. Condições de Carregamento dos(s) Navio(s): Condição de entrega / embarque: FOB Estivado, arrumado nos porões do(s) navio(s) nomeado(s) pela COMPRADORA no porto de Santos através do terminal da XPTO Açúcar Doce S/A

A cadência de carregamento será definida na forma abaixo:

a) Para navios com capacidade para até 39.999 tm de açúcar: 6.000 tm P.W.W. Day, SASHEX EIU;

b) Para navios com capacidade igual ou superior a 40.000 tm de açúcar: 8.000 tm P.W.W. Day, SASHEX EIU.

Navios do tipo tweendecker deverão ser submetidos à anuência prévia da VENDEDORA. Quando por esta aceitos, a cadência de carregamento será de 1524 tm P.W.W Day, SASHEX EIU (*saturday afternoon, sunday, holiday excluded, even if used*).

O tempo passa a ser contado a partir do próximo período útil depois da apresentação da Carta de Prontidão (Notice of Readiness).

Qualquer endosso pelo navio/agente na Carta de Prontidão com referência ao começo do LAYTIME que estiver em conflito com os termos estabelecidos neste contrato entre a VENDEDORA e a COMPRADORA não terá validade, prevalecendo o que figura no Contrato. Demais condições serão regidas de acordo com a Sugar Charter Party 1999.

11. Condições de Despacho /Sobrestadia Do(s) Navio(s): De acordo com a Charter Party, porém limitados a um máximo de US\$ 4.500,00/US\$ 9.000/00. O pagamento do despacho ou sobrestadia ocorrerá em até 120 dias da

12. Seguro: De acordo Com as normas e regulamentos do Contrato sob nº 11 da NYCSCE.

13. Tributos, taxas e outros encargos: Quaisquer tributos ou taxas que venham a ser criados sobre a comercialização, embarque, exportação ou frete do açúcar, exigidos pelo país de origem, serão de responsabilidade da VENDEDORA. Quaisquer taxas ou impostos existentes sobre o açúcar , frete ou desembarque, exigidos pelo país de destino, serão de responsabilidade da COMPRADORA.

14. OUTRAS CLÁUSULAS E CONDIÇÕES: De acordo com as regras do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE.

15.FORÇA MAIOR, ARBITRAGEM E REGRAS:

15.1. Força Maior Em caso de Força Maior, esta será determinada de acordo com as normas do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE.

15.2. Arbitragem Toda e qualquer disputa relacionada com as obrigações decorrentes deste Contrato devera ser referida a NYCSCE, para decisão de acordo com as regras gerais da mesma, ainda que uma ou ambas as partes não sejam membros da referida Associação. Se, por qualquer razão, a NYCSCE se recusar ou julgar-se incapaz de arbitrar, a disputa então devera ser referida a SUGAR ASSOCIATION OF LONDON, para decisão de acordo com as regras gerais da mesma.

15.3. Regras Qualquer clausula acordada neste Contrato entre as partes e que estiver em conflito com as regras e regulamentos da NYCSCE terá validade sobre as mesmas. Outros termos e condições não estipulados neste contrato estão sujeitos as regras e regulamentos da NYCSCE, como se estas tivessem sido integral e expressamente inseridas neste documento.

16. AUTORIZAÇÕES GOVERNAMENTAIS: O presente Contrato esta sendo negociado tendo como base a atual pratica de livre mercado, não havendo quaisquer restrições, imposições ou cotas por parte do Governo Federal que limitem ou proíbam a exportação do produto objeto do mesmo. Caso seja adotada por parte do Governo Federal Brasileiro qualquer restrição ou imposição que venha a acarretar no atraso ou mesmo no não cumprimento do presente Contrato, a VENDEDORA será responsável pela obtenção de tal autorização, de forma a cumprir integralmente com suas responsabilidades previstas neste Contrato, permitindo o livre embarque do produto conforme ora contratado.

17. INADIMPLEMENTO E SUAS CONSEQUENCIAS: As normas e regulamentos do contrato de futuros sob nº 11 da NYCSCE (Sugar '11' Rules) aplicar-se-ão as hipóteses de inadimplemento e descumprimento contratual nelas previstas, notadamente aquelas de competência do juízo arbitral, conforme clausula 15. Para as hipóteses de inadimplemento, mora ou descumprimento contratual de qualquer natureza são versadas nas "S:.;;,)a!" '11' Rules", especialmente aquelas de competência dos órgãos jurisdicionais brasileiros, conforme cláusula 19, incidir a lei brasileira, assegurando-se, em qualquer caso, justa e completa indenização a parte lesada.

18. IRREVOGABILIDADE E IRRETRATIBILIDADE: O presente contrato é firmado em caráter irrevogável e irretratável, não comportando arrependimento de parte a parte, obrigando não só os contratantes como também seus herdeiros e sucessores a qualquer título.

19. FORO: As partes elegem a fora da cidade de São Paulo, para dirimir quaisquer dúvidas ou divergências sobre o presente contrato, desde que não aquelas de competência internacional, conforme cláusulas 15 e 17 acima e as relativas às especificações do produto, ao atraso observado na entrega, a questões alusivas à qualidade e peso, a responsabilidade direta ou indireta por sobrestada do(s) navio(s) e outras que não afetem substancialmente a execução contratual pelas partes.

E para estarem assim justas e contratadas, assinam o presente contrato perante as duas testemunhas abaixo nomeadas, em duas vias de igual teor e para um só efeito.

São Paulo, 15 de março de 200X.

VENDEDORA: XPTO AÇÚCAR DOCE S/A

COMPRADORA: ANT CANDYS INDUSTRY CO Neste ato representada por CANAL DE EXPORTAÇÃO S/A

TESTEMUNHAS

Especificações do Contrato de Opção de Venda sobre Futuro de Soja em Grão a Granel

1. Objeto da opção

O Contrato Futuro de Soja em Grão a Granel negociado na BM&F, com vencimento no mês posterior ao mês de vencimento da opção.

2. Cotação

Prêmio da opção, expresso em dólares dos Estados Unidos da América por tonelada métrica, com duas casas decimais.

3. Variação mínima de apregoação

US\$0,10 (dez centavos de dólar dos Estados Unidos da América) por tonelada métrica.

4. Oscilação máxima diária

Não há limites de oscilação diária, podendo a Bolsa, excepcionalmente e a seu critério, estabelecê-los.

5. Unidade de negociação

Cada opção refere-se a um Contrato Futuro de Soja em Grão a Granel, cuja unidade de negociação corresponde a 100 toneladas métricas de soja em grão a granel.

6. Preços de exercício

Os preços de exercício serão estabelecidos e divulgados pela BM&F, expressos em dólares dos Estados Unidos da América por tonelada métrica.

7. Meses de vencimento

Fevereiro, março, abril, junho, agosto e outubro.

8. Número de vencimentos em aberto

Conforme autorização da Bolsa.

9. Data de vencimento e último dia de negociação

Nono dia útil anterior ao primeiro dia do mês de vencimento. Nesse dia, não se admitirão abertura de novas posições vendidas nem operações *day trade*.

10. Dia útil

Considera-se dia útil, para efeito deste contrato, o dia em que há pregão na BM&F. Entretanto, para efeito de liquidação financeira, a que se referem os itens 11, 12 e 18, considerar-se-á dia útil o dia que, além de haver pregão na BM&F, não for feriado bancário na praça de Nova Iorque, EUA.

11. Day trade

São admitidas operações day trade (compra e venda, no mesmo dia, da mesma quantidade de contratos para o mesmo vencimento e de mesmo preço de exercício), que se liquidarão automaticamente, desde que realizadas em nome do mesmo cliente, por intermédio da mesma Corretora associada e sob a responsabilidade do mesmo Membro de Compensação ou realizadas pelo mesmo Operador Especial sob a responsabilidade do mesmo Membro de Compensação. A liquidação financeira dessas operações será realizada no dia útil subsequente, sendo os valores apurados de acordo com o item 12, observado, no que couber, o disposto no item 19.

12. Movimentação financeira do prêmio

Pagamentos e recebimentos de prêmios serão efetuados no dia útil seguinte ao de realização da operação, observado, no que couber, o disposto no item 19.

O valor de liquidação do prêmio por contrato será calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$VL = P \times 100$$

onde:

VL = valor de liquidação do prêmio por contrato;

P = prêmio da opção, expresso em dólares dos Estados Unidos da América.

13. Horário de exercício

Conforme determinação da BM&F.

14. Tipo da opção

A opção é do tipo americano, isto é, poderá ser exercida pelo titular a partir do primeiro dia útil seguinte à data de abertura da posição, até a data de vencimento.

15. Exercício da opção

O exercício da opção implica a assunção, pelo titular, de uma posição vendida no Contrato Futuro de Soja em

Grão a Ganel e, pelo lançador, de uma posição comprada no Contrato Futuro de Soja em Grão a Ganel, ambas

liquidação financeira de ajustes e de liquidação no vencimento previstas no Contrato Futuro de Soja em Grão

a Ganel objeto da opção.

16. Margem de garantia para o lançador

Valor por contrato, definido por critérios próprios divulgados por Ofício Circular, alterável a qualquer momento, a critério da Bolsa.

A margem será devida no dia útil subsequente ao de abertura da posição. No caso de clientes não-residentes,

se o dia útil subsequente for feriado bancário em Nova Iorque, a margem será devida no primeiro dia, após o

de abertura da posição, em que não for feriado bancário naquela praça.

Quando o atendimento da exigência de margem for feito em dinheiro, deverá ser observado, no que couber,

o disposto no item 19.

17. Ativos aceitos como margem

Para residentes, dinheiro, ouro, cotas do Fundo dos Intermediários Financeiros (FIF) e, mediante autorização

prévia da Bolsa, títulos públicos federais, títulos privados, carta de fiança, ações e cotas de fundos fechados

de investimento em ações. Para não-residentes, dólares dos Estados Unidos e, mediante autorização prévia

da BM&F, títulos do governo dos Estados Unidos (*T-Bonds*, *T-Notes* e *T-Bills*).

18. Custos operacionais

• Taxa operacional básica

Operações (normal e *day trade*): 50% do valor da taxa operacional básica do Contrato Futuro de Soja em Grão

a Ganel; exercício: o mesmo valor da taxa operacional básica do Contrato Futuro de Soja em Grão a Ganel

para operações normais.

Nos casos abaixo, e sempre que as operações de exercício sejam realizadas no mesmo dia, na mesma quantidade de contratos, para o mesmo vencimento, em nome do mesmo cliente, intermediadas pela mesma

Corretora associada e registradas pelo mesmo Membro de Compensação ou realizadas pelo mesmo Operador Especial e registradas pelo mesmo Membro de Compensação, o valor da taxa operacional básica,

em cada ponta, será idêntico àquele fixado para as operações *day trade* no Contrato Futuro de Soja em Grão

a Ganel:

- a) exercer uma opção de venda e ser exercido em outra opção de venda;
- b) exercer uma opção de venda e exercer uma opção de compra;
- c) ser exercido em uma opção de venda e ser exercido em uma opção de compra.

• Taxas da Bolsa (emolumentos e fundos)

6,32% da taxa operacional básica.

• Taxa de registro

Valor fixo divulgado pela BM&F.

Os custos operacionais serão devidos no dia útil seguinte ao da operação ou do exercício, observado, no que

couber, o disposto no item 19.

Os Sócios Efetivos pagarão no máximo 75% da taxa operacional básica e 75% das taxas de registro e da Bolsa.

19. Forma de pagamento e recebimento dos valores relativos à liquidação financeira

A liquidação financeira das operações *day trade*, do prêmio, de depósitos de margem em dinheiro e dos custos

operacionais não-expressos em reais será realizada observando-se o seguinte:

i. para os clientes não-residentes: em dólares dos Estados Unidos da América, na praça de Nova Iorque, EUA,

por intermédio do Banco Liquidante das operações da BM&F no Exterior, por ela indicado;

ii. para os clientes residentes: em reais, de acordo com os procedimentos normais dos demais contratos da

BM&F não autorizados à negociação pelos investidores estrangeiros. A conversão dos valores respectivos

de liquidação financeira, quando for o caso, será feita pela Taxa de Câmbio Referencial BM&F, descrita no

Anexo I do Contrato Futuro de Soja em Grão a Granel, do dia da operação.

20. Normas complementares

Fazem parte integrante deste contrato o Anexo I do Contrato Futuro de Soja em Grão a Granel e, no que couber,

a legislação em vigor, as normas e os procedimentos da BM&F, definidos em seus Estatutos Sociais, Regulamento de Operações e Ofícios Circulares, bem como as regras específicas das autoridades governamentais

que possam afetar os termos aqui contidos.

ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO: OFÍCIO CIRCULAR 132/2002-DG. DE 10/10/2002

Bolsa de Mercadorias & Futuros

11.2 Seqüências de Van der Corput

A idéia por trás deste algoritmo é a de gerar números igualmente espaçados no intervalo $[0,1)$ de uma maneira determinística, como se os pontos marcados sobre uma reta fossem marcados à maior distância uns dos outros.

No caso unidimensional, uma possível seqüência de Van der Corput para a base 3 seria:

$$0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{4}{9}, \frac{7}{9}, \frac{2}{9}, \frac{5}{9}, \frac{8}{9}, \frac{1}{27}, \frac{10}{27}, \frac{10}{27}, \dots$$

A construção deste algoritmo é bastante simples e segue os seguintes passos:

- Escolhe-se a base b em que se deseja criar a seqüência (a base deve ser um número primo)
- Um número n na base decimal é convertido para a base b escolhida
- Reflete-se o número conseguido
- Retransforma-se o mesmo para a base décima. Este é o número de Van der Corput.
- Para ilustrar o método tomemos o número 4 como decimal e 2 como a nossa base.
- Conversão de 4_{10} para 4_2 . $4_{10} = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$
- O número refletido será: 0,001 na base 2
- Reconvertendo para a base 10: $0,001_2 = 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0,125 = \frac{1}{8}$

11.3 Macros

Option Explicit

Option Base 1

```
Public Function Preço_BS(PreçoAtivo, PreçoExercício, _  
    volatilidade, TaxaJuros, tempo, tipo)
```

```
    Dim d1, d2
```

```
    d1 = (Ln(PreçoAtivo / PreçoExercício) + (TaxaJuros + _  
        volatilidade ^ 2 / 2) * tempo) / (volatilidade * _  
        Sqr(tempo))
```

```
    d2 = d1 - volatilidade * Sqr(tempo)
```

```
    If UCase(tipo) = "CALL" Then
```

```
        Preço_BS = PreçoAtivo * NormalCDF(d1) - _
```

```
        PreçoExercício * Exp(-TaxaJuros * tempo) * NormalCDF(d2)
```

```
    Else
```

```
        Preço_BS = PreçoExercício * Exp(-TaxaJuros * tempo) *  
NormalCDF(-d2) - _  
        PreçoAtivo * NormalCDF(-d1)
```

```
    End If
```

```
End Function
```

```
Public Function NormalCDF(z)
```

```
    NormalCDF = Application.WorksheetFunction.NormSDist(z)
```

```
End Function
```

```
Static Function Ln(X)
```

```
    Const e = 2.71828182846
```

```
    Ln = Log(X) / Log(e)
```

```
End Function
```

```
Sub Simula_Carteira()
```

```
    Dim i, j, col As Long
```

```
    Dim inicio_sim, inicio_dia As Double
```

```
    inicio_sim = TimeValue(Now())
```

```
    Range("q20") = Range("d10")
```

```
    col = 20
```

```
    j = 33
```

```
    Range("K33:K62").ClearContents
```

```
    Do While (Cells(j, 2).Value) <> ""
```

```
        inicio_dia = TimeValue(Now())
```

```
        'Trava Dia, mercado e volatilidade para o dia - preparando simulação
```

```
        Range("O22:O23") = "D-" & (j - 32)
```

```
        Range("d7") = Cells(j, 4)
```

```
        Range("d8") = Cells(j, 3)
```

```
Range("d9") = Cells(j, 2)
ActiveSheet.Calculate
```

QMC

```
'Calcula o Var para cada linha da simulação
Range("Q27").Select
For i = 1 To Range("d4").Value
    Cells(26 + i, 17) = vcarteira(Cells(26 + i, 16), 6, Cells(9, 4),
Cells(7, 4))
Next i
```

```
'var
ActiveSheet.Calculate
Cells(j, 11) = Range("q18").Value
ActiveSheet.Calculate
```

```
'margens
Range("Q20") = Range("Q20") + Cells(j, 13).Value
```

```
'tempos
Range("P25") = TimeValue(Now()) - inicio_dia
Range("Q25") = TimeValue(Now()) - inicio_sim
```

```
'Copiando a simulação realizada
    Range("O18").Select
    Range("O18:q10026").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    Selection.Copy

    Cells(18, col).Activate
    ActiveSheet.Paste

    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    col = col + 3
```

```
j = j + 1
Loop
```

```
ActiveSheet.Calculate
End Sub
```

```
Sub QMC()
'Simulação de Quasi monte Carlo com geração de números segundo
algoritmo de Van der Corput
'e inversão para normal com algoritmo de Moro
'
'Variáveis
'dias: # dias simulados
'i,j,cont: contadores
```

```

'Vsim(): vetor da simulação
'nrnd: "Z" extraído de uma dist. normal
'T: tempo
'nsim: # de simulações
'txjuros: taxa de juros
'tendência: parâmetro de tendência do MC
'voldiária: volatilidade diária do ativo
'Mercado: mercado spot utilizado (fechamento do mercado)

Dim dias, i, j As Integer
Dim cont As Long
Dim Vsim(), nrnd As Double
Dim T As Double
Dim St, nsim, txjuros As Double
Dim volhistorica, mercado, tendencia, voldiaria As Double

'Carga dos parâmetros
nsim = Range("D4").Value
dias = Range("d5").Value
txjuros = Range("d6").Value
volhistorica = Range("d11").Value
mercado = Range("d8").Value

'cálculo parâmetros Monte Carlo
T = 1 / 252
tendencia = (txjuros - volhistorica ^ 2 / 2) * T
voldiaria = volhistorica * Sqr(T)

'Alocação do Vetor
ReDim Preserve Vsim(1 To nsim, 1 To dias + 1)

'Carga do vetor com a simulação do Mercado dia 1 até dia 7
cont = 1
For i = 1 To nsim
    Vsim(i, 1) = mercado
    For j = 2 To dias + 1
        nrnd = Moro(CorputBaseb(11, cont))
        Vsim(i, j) = Vsim(i, j - 1) * Exp(tendencia + voldiaria *
nrnd)
        cont = cont + 1
    Next j
Next i

'Impressão da simulação do mercado
Range("O27").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    Selection.ClearContents
    'ActiveWindow.ScrollRow = 14
    Range("O27").Select
For i = 1 To nsim
    Cells(26 + i, 15) = i
    Cells(26 + i, 16) = Vsim(i, 8)
Next i

```

End Sub

Function CorputBaseb(b As Long, n As Long) As Double

' Gera números uniformemente distribuídos

,

' b: base utilizada (nº primo)

' n: semente

Dim c As Double, ib As Double

Dim i As Long, n1 As Long, n2 As Long

n1 = n

c = 0

ib = 1 / b

Do While n1 > 0

n2 = Int(n1 / b)

i = n1 - n2 * b

c = c + ib * i

ib = ib / b

n1 = n2

Loop

CorputBaseb = c

End Function

Function Moro(u As Double) As Double

' Algoritmo de MORO(1995)

' Transforma números uniformes em números de distribuição normal

,

'u: número gerado por distribuição uniforme

Dim c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c8, c9

Dim X As Double

Dim r As Double

Dim a As Variant

Dim b As Variant

a = Array(2.50662823884, -18.61500062529, 41.39119773534, -
25.44106049637)

b = Array(-8.4735109309, 23.08336743743, -21.06224101826,
3.13082909833)

c1 = 0.337475482272615

c2 = 0.976169019091719

c3 = 0.160797971491821

c4 = 2.76438810333863E-02

c5 = 3.8405729373609E-03

c6 = 3.951896511919E-04

c7 = 3.21767881768E-05

c8 = 2.888167364E-07

c9 = 3.960315187E-07

X = u - 0.5

If Abs(X) < 0.42 Then

r = X ^ 2

r = X * ((a(4) * r + a(3)) * r + a(2)) * r + a(1)) /
(((b(4) * r + b(3)) * r + b(2)) * r + b(1)) * r + 1)

```

Else
    If X > 0 Then r = Log(-Log(1 - u))
    If X <= 0 Then r = Log(-Log(u))
    r = c1 + r * (c2 + r * (c3 + r * (c4 + r * (c5 + r * (c6 + r
* (c7 + r * (c8 + r * c9)))))))
    If X <= 0 Then r = -r
End If
Moro = r
End Function

*****

Function vcarteira(spot As Double, n As Long, hoje As Long, atm_vol
As Double) As Double
Dim carteira, juros, strike, vol, quantidade, tempo, skew As Double
Dim vencimento, i, Ref_c As Long
Dim tipo As String

Ref_c = 6
juros = Cells(6, 4)
carteira = 0

For i = 1 To n
    vencimento = Cells(5, Ref_c + i)
    tempo = (vencimento - hoje) / 365
    strike = Cells(6, Ref_c + i)

    skew = -0.0015
    If spot <= (strike * Exp(juros * tempo)) Then
        skew = 0.0015
    End If

    vol = atm_vol + Abs(spot - (strike * Exp(juros * tempo))) / 20 *
    skew

    quantidade = Cells(9, Ref_c + i)
    tipo = Cells(4, Ref_c + i)

    carteira = carteira + Preço_BS(spot, strike * Exp(juros * tempo),
    vol, juros, tempo, tipo) * quantidade / 100 * Exp(-juros * tempo)
Next i

vcarteira = carteira
End Function

```