

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Faculdade de Administração e Ciências Contábeis

ALESSANDRO GUÉRIN BARCELOS LIMA

Mercado de liquidação futura: uma investigação do desenvolvimento da
modalidade e o estudo prático do apreamento de opções.



Rio de Janeiro

2009

ALESSANDRO GUÉRIN BARCELOS LIMA

Mercado de liquidação futura: uma investigação do desenvolvimento da
modalidade e o estudo prático do apreçamento de opções

Monografia de conclusão apresentada à
Faculdade de Administração e Ciências
Contábeis, Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de graduado
em Administração.

Orientador: Marco Antônio Cunha de Oliveira

Rio de Janeiro

2009

ALESSANDRO GUÉRIN BARCELOS LIMA

Mercado de liquidação futura: uma investigação do desenvolvimento da
modalidade e o estudo prático do apreçamento de opções

Monografia apresentada ao corpo docente da
Faculdade de Administração e Ciências
Contábeis da Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte integrante dos requisitos
necessários à obtenção do título de graduado
em Administração.

Orientador: Marco Antônio Cunha de Oliveira

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Marco Antônio Cunha de Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Angelo Maia Cister
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____

RESUMO

O propósito da presente monografia é a investigação dos fundamentos centrais de apreçamento dos instrumentos derivativos alcunhados de opções, administrando um estudo embutido de componentes teóricos e empíricos. Para a consecução da ambição antecedente, o trabalho entende que é necessário o exame das disposições básicas do mercado de liquidação futura e do mercado de opções, percorrendo diversos temas que contemplam o desenvolvimento e a operacionalização dessa modalidade de contrato. O comércio de derivativos, atualmente, é responsável pelo desempenho de um importante papel no sistema financeiro mundial, posto que abastece os agentes econômicos de um mecanismo de proteção contra as conseqüências do risco excessivo e indesejado. Hoje em dia, os empreendimentos capitalistas empregam o instrumento na gestão financeira, e, conseqüentemente, existe espaço para o debate em nível acadêmico. Em especial, o Brasil não é estranho à transação de derivativos, o que estende convite para um estudo em contexto nacional, como o proposto pela presente monografia.

ABSTRACT

Considering both theoretical and empirical data, the objective of this thesis is to investigate the most important fundamentals of the task of pricing options. In order to fulfill this purpose, the paper will conduct an examination of the critical elements of the market of future liquidation and of the market of options, enlightening the development and the procedures of such modality of exchange. Nowadays, derivatives carry out an important role on the financial system of the modern world because they bestow protection upon economical players against the excessive and unwanted risk. The capitalist corporations apply these mechanisms in the financial management of their business and thus there is a pretext for academic debate regarding the topic. In particular, Brazil is not a stranger to the exchange of future contracts and therefore there is a demand for a study conducted on a national background, such the proposed by the present thesis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 RELEVÂNCIA	8
1.2 OBJETIVO	8
2 REVISÃO TEÓRICA	9
2.1 CONCEITOS BASILARES DA LIQUIDAÇÃO FUTURA	9
2.2 MERCADO DE LIQUIDAÇÃO FUTURA	15
2.3 PERSPECTIVA HISTÓRICA	19
2.3.1 <i>DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DE LIQUIDAÇÃO FUTURA</i>	19
2.3.2 <i>CONDIÇÃO MODERNA</i>	25
2.4 O MERCADO DE OPÇÕES	29
3 APREÇAMENTO DE OPÇÕES	37
3.1 OPÇÕES: A EVOLUÇÃO DO APREÇAMENTO	37
3.1.1 <i>PROPRIEDADES GERAIS DO APREÇAMENTO</i>	41
3.1.2 <i>FÓRMULA DA PARIDADE</i>	45
3.2 MODELOS DE APREÇAMENTO DE OPÇÕES	47
3.2.1 <i>MODELO DE BLACK-SCHOLES</i>	47
3.2.2 <i>SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO</i>	53
3.2.3 <i>MODELO BINOMIAL</i>	58
4 METODOLOGIA	62
5 APURAÇÃO DE RESULTADO	63
6 CONCLUSÃO	75
7 BIBLIOGRAFIA	77

1 INTRODUÇÃO

Os derivativos são componentes importantes da gestão financeira moderna dos empreendimentos capitalistas. No Brasil, o contrato derivativo é transacionado mediante bem-sucedido sistema, provendo soluções financeiras para diversas organizações, bem como tornando a nação em centro econômico da modalidade. Nesse contexto, o estudo presente é pertinente, porquanto seu objetivo é a experimentação empírica dos centrais preceitos de apreçamento de opções em realidade brasileira. Em particular, averigua-se o funcionamento de três processos de apreçamento: o modelo Black-Scholes, o modelo binomial e a simulação Monte Carlo. A monografia também examina os fundamentos e o desenvolvimento dos derivativos, de maneira a prover consistência ao experimento.

Em primeiro momento, a monografia rememora o arcabouço teórico, debatendo os conceitos capitais do mercado de liquidação futura e, subseqüentemente, a evolução da modalidade ao decorrer da história humana. O capítulo segundo, depois, examina as disposições principais do mercado de opções, expondo a operacionalização do sistema brasileiro e as particularidades do contrato. Posteriormente, o capítulo terceiro evidencia as propriedades gerais do apreçamento de opções, apresentando relações importantes. Para término da revisão teórica, três métodos de apreçamento de opções são expostos, o que estabelece alicerce para o experimento empírico. Essa etapa prática é detalhada, por advento da redação da seção de metodologia. Finalmente, no capítulo quinto, têm-se a exibição dos resultados da análise empírica, os quais são sujeitos ao tratamento estatístico apropriado e são ostentados mediante gráficos e tabelas diversas. Redige-se também, em seguida, uma conclusão, de modo a condensar as observações anteriores. Por fim, revela-se a bibliografia do trabalho.

1.1 Relevância

Ultimamente, o instrumento derivativo é uma solução financeira importante que desfruta de crescente popularidade não apenas pelo ajuste delicado que proporciona às minúcias financeiras de determinada organização, mas também pela enorme aptidão no sentido de aparecer na mídia como protagonista de fiascos financeiros. De fato, trata-se de uma ferramenta relativamente poderosa, no entanto, ao avesso do que um indivíduo desavisado poderia concluir, é também um utensílio simples. Nesse âmbito, é, portanto, conveniente uma investigação acerca dos derivativos. Em especial, o estudo é focado na problemática de apreçamento das opções, que é popular subgênero.

1.2 Objetivo

Na conjuntura moderna, o derivativo é mecanismo importante e o Brasil é lar de volumoso e bem-sucedido aparelho de negociação de tais instrumentos. Assim, existe a lacuna para debate sobre o tema. Este é o objetivo secundário da presente monografia, o qual é tocado através do compêndio teórico disponibilizado. Dentro desse sentido, um tema importante é a problemática do apreçamento de opções, o qual, inclusive, convida o acadêmico para a formulação de simulações empíricas dentro da realidade brasileira. Sendo assim, o propósito primordial do estudo é manifesto: a apuração do apreçamento de opções, no que concerne o mercado brasileiro de liquidação futura.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos basilares da liquidação futura

Os derivativos são instrumentos financeiros, proles de uma negociação bilateral de contrato ou de acordo de troca de pagamentos cuja performance está decisivamente condicionada àquela de determinado ativo ou elemento de referência. Os instrumentos derivativos “foram criados para que os agentes econômicos possam se proteger contra riscos de oscilações de preços” (FIGUEIREDO, 2006, p. 1), o que é orquestrado através do confronto entre o valor do contrato com o do ativo-objeto subjacente correspondente. Hull (2004) menciona que, ao longo das últimas duas décadas, os derivativos tornaram-se, gradativamente, mais importantes para o sistema financeiro mundial, popularizando-se em numerosas bolsas ao redor do mundo e provendo diversas modalidades distintas de contrato de futuros e de opções. No que concerne à complexa tarefa de obtenção de uma definição categórica para esses contratos, a sociedade acadêmica dissente e, pois, os estudiosos costumam fornecer definições relativas, deslocando o holofote de modo a salientar uma ou outra característica. Em particular, uma definição digna de atenção é a de Fortuna (2008):

“Um derivativo é um ativo ou instrumento financeiro, cujo preço deriva de um ativo ou instrumento financeiro de referência que justifica a sua existência, seja com a finalidade de obtenção de um ganho especulativo específico em si próprio, ou, e principalmente, com hedge (proteção) contra eventuais perdas no ativo ou instrumento financeiro de referência” (FORTUNA, 2008, p. 659).

Silva Neto (1997) pondera que os contratos de derivativos são focados na troca - e somente na troca – do valor dos ativos subjacentes, lembrando-nos que o escopo da transação não é o câmbio de propriedade do objeto. A liquidação física é incomum, pois é dispendiosa para os participantes cujo interesse, normalmente, repousa não no ativo–objeto, mas nos lucros auferidos pela variação do preço. Portanto, ao oposto da entrega do bem, cumpre-se uma liquidação financeira. As câmaras de compensação, ligadas à bolsa ou a sistema de negociação, zelam pelo cumprimento das obrigações contraídas por uma contraparte em contratos padronizados. Em acordos customizados, todavia, tal entidade não intervém. A seguir, outra definição cabível para o instrumento:

“Em termos gerais, (o derivativo é) um contrato bilateral ou um acordo de troca de pagamentos cujo valor deriva, como seu nome indica, do valor de um ativo ou objeto referenciado em uma taxa ou índice. Nos dias de hoje, uma transação com derivativos cobre vasta gama de “ativos objetos” - taxa de juros, câmbio, valor de mercadoria e outros índices” (SILVA NETO, 1997, p.17).

O ativo subjacente é o coração da transação. Hoje, há uma ampla variedade de objetos que acolhem derivativos correlatos, outorgando a existência de duas estirpes da ferramenta: os financeiros e os não financeiros. Na visão de Figueiredo (2006), as taxas de juros, as moedas e os índices da bolsa compõem a maioria do primeiro conjunto, enquanto que os habitantes do segundo são commodities, tais como: o milho, o café, a soja, o petróleo, entre outros. Frequentemente, afirma Hull (2004), a variável base é um ativo comercializável (como as ações), todavia os derivativos podem estar atrelados a diversos elementos pouco usuais, abrangendo desde o preço de animais suínos até a quantidade de neve precipitada em determinada área.

O mercado financeiro é arena estimada pelos atores econômicos, porquanto é, entre outros postos, o gestor de uma estrutura mobilizada em prol da transferência e da distribuição da incerteza. Na perspectiva de Fortuna (2008), os derivativos são flexíveis e poderosos, possibilitando que uma contraparte exposta ao risco indesejado transfira-o para outra ou o suprima, através de investimento certo. Logo, o propósito cardinal dos instrumentos financeiros em foco é, naturalmente, a “proteção dos agentes econômicos – produtores primários, industriais, comerciantes, instituições financeiras e investidores – contra as oscilações de seus produtos e de seus investimentos em ativos financeiros” (FORTUNA, 2008, p. 659). De modo concomitante, tais personagens são proeminentes, no que concerne à formação futura dos preços das mercadorias e dos ativos financeiros negociados através da tecnologia em questão. Silva (1999) argumenta, inclusive, que o mercado de liquidação futura é conexo com a produção das empresas e as decisões de consumo dos indivíduos na economia, em escopo nacional e internacional.

De fato, os derivativos são proprietários de uma influência hercúlea no hodierno sistema financeiro e, sobretudo, tal circunstância é decorrência das expectativas criadas pela transação de futuros, bem como da lei da oferta e demanda. Contudo, tal cenário é apenas verdadeiro em um mercado simpático à comercialização adequada de futuros, o que, ainda segundo Silva (1999), é norteado pelas seguintes características: um acesso absoluto e bem disseminado, a eliminação do risco de inadimplência e a disponibilidade de informações perfeitas, no que concerne às oportunidades existentes. Os derivativos, em característico as opções, por operarem como um “mecanismo (...) livre e (...) auto-regulável, dispensam o paternalismo governamental com todas as suas ineficiências e custos sociais” (SILVA, 1999, p. 8) e, por conta da visibilidade do mercado, Silva (1999) afirma que os derivativos atuam como referencial para vários segmentos da economia.

Outrora, a massiva assembléia de investidores em uma certa bolsa de valores, onde cada qual esbraveja e empunha terríveis sinais de mão, era o cenário corriqueiro da negociação de derivativos, que dependia, fortemente, da comunicação oral e manual para a maleabilidade do comércio. Nos anos recentes, o desenvolvimento da tecnologia eletrônica conspirou para a modificação de tal cenário, disponibilizando computadores e teclados para a polidez do sistema. Historicamente, a bolsa é a modalidade original de transação organizada de derivativos e, ainda hoje, é um método bastante popular, ao passo que prospera ao redor mundo. Através da entidade, os investidores acessam o esquadrão de contratos padronizados de antemão, elaborados de maneira a estimular a liquidez nas negociações e a conciliação dos interesses dos participantes.

Por outro lado, o mercado de balcão é uma outra modalidade de negociação de derivativos e, segundo Hull (2004), é uma alternativa importante, visto que os termos do contrato são ajustáveis, possibilitando adequação às necessidades dos investidores. No entanto, a contrapartida é a existência de um pequeno risco de crédito, composto pelo o lúgubre episódio de quebra de contrato. No mercado de balcão, o encontro pessoal dos participantes não acontece, uma vez que a comercialização é travada por intermédio de telefonema ou por meio de uma rede integrada por computadores. A ordem é registrada por aparatos de gravação, tornando o comércio de balcão em uma empreitada segura o suficiente. Além disso, as instituições financeiras costumam desempenhar papel cardeal na modalidade, participando de numerosas negociações e, conseqüentemente, arcando com a insegurança e presentenado o mercado com a liquidez. Hodiernamente, ainda de acordo com Hull (2004), a popularidade da transação em bolsa é sobrepujada pela a da discutida anteriormente, pelo menos no que diz respeito ao volume total comercializado. As diferenças habituais entre as duas modalidades estão sintetizadas na tabela I.

Característica	Mercado de balcão	Mercado em bolsa
Liquidação do contrato	Customizado	Padronizado
Local de negociação	Livre	Estipulado
Fixação de preço	Negociação	Cotação aberta
Flutuação do preço	Livre	Possível limite
Alvo do risco	Participantes	Câmara de compensação
Regulação	Não existe	Governamental e da bolsa
Liquidez	Baixa	Ampla

Tabela I: Comparação entre o mercado de balcão e o em bolsa.

(BM&F, 2009, p.10)¹

Em todas modalidades de derivativos, os participantes contraem compromissos de aquisição ou de execução de determinado elemento em período futuro, combinando um preço certo e um prazo de maturação para o acordo. Os agentes econômicos atarefaram-se, portanto, com a administração de posições efêmeras, erigidas mediante compra ou venda de contratos e direcionadas para a obtenção de uma das subseqüentes clássicas vantagens: o lucro por especulação, o ganho despojado de risco oriundo da arbitragem, a proteção contra a incerteza providenciada pela técnica de *hedge* ou a plataforma para a alavancagem de determinada operação. Esse último emprego é conseqüência do fato de que, freqüentemente, as manipulações de instrumentos derivativos requerem menor comprometimento de capital do que a aquisição à vista do ativo e, destarte, a adição de tais mecanismos em uma carteira de investimento – argumenta a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) (2009) – é capaz de potencializar a rentabilidade a custo mínimo. Por advento do parágrafo ulterior, os personagens centrais do mercado de liquidação futura são estudados e, como veremos, cada qual personifica uma das três funções restantes.

¹ Adaptação livre.

No mercado de liquidação futura, o palco é compartilhado por três atores, onde, em relacionamento de simbiose permanente, cada qual coopera a favor da constituição de um mercado líquido e estável. O desempenho de todo participante, em característico os seus objetivos contrastantes, é uma roldana importante para a performance ótima do sistema e, portanto, a comunidade acadêmica não age de modo pusilânime, lecionando que “a existência e a atuação dos três participantes são imprescindíveis para o sucesso do mercado de derivativos” (BM&F, 2009, p.15). O mérito básico do bom funcionamento do aparelho de transação de futuros é a fidúcia da pronta existência de uma contraparte disposta e preparada para assumir o outro lado de contrato qualquer.

O mundo financeiro é a morada de numerosos investidores, que, assombrados pelo espectro do risco, ostentam a sincera ambição de obtenção de proteção contra as oscilações potenciais futuras do valor de determinado ativo-objeto. Os personagens são aptos a encontrar a segurança aspirada no mercado de derivativos, por onde situam um preço futuro inabalável de compra ou de venda sob qualquer mercadoria: a estabilidade do retorno esperado. Em tal âmbito, a pretensão discutida é empunhada pelos *hedgers*. Por outro lado, o mercado também é manancial abundante para a atividade de garimpar lucro desprovido de risco, o que é auferido pela exploração de distorções espasmódicas no valor de determinados instrumentos. A prática é alcunhada de arbitragem – portanto, é perpetrada pelos arbitadores – e é plataforma para a evolução teórica do tópico, visto como posa de alicerce para uma miríade de relações capitais, como bem veremos mais adiante. Entretanto, o lucro também é abiscoitado através da aposta no comportamento vindouro de determinada variável, o que é nomeado de especulação. O especulador, ao contrário do arbitador, monta uma operação aprovionada de risco, a qual não apenas é fonte de liquidez, mas, principalmente, contraparte à atividade do *hedger*.

2.2 Mercado de liquidação futura

A Comissão de Valores Mobiliários é um órgão normativo do sistema financeiro brasileiro, voltado para o fomento de desenvolvimento, de disciplina e de fiscalização no mercado de valores mobiliários. A entidade é responsável pela regência do mercado de capitais, supervisionando a atuação de seus múltiplos integrantes, porém desprovida de poder perante os títulos de dívida pública e de outros de natureza cambial. A lei 6.385² é o berço do órgão, cujo propósito foi, posteriormente, ampliado e revisado por diversos outros mecanismos de caráter jurídico. De acordo com Fortuna (2008), o objetivo básico da entidade é o fortalecimento da estrutura do mercado, o que é abiscoitado através do zelo em prol do funcionamento eficiente e regular dos participantes, da fiscalização dos meandros operacionais, da proteção aos titulares dos valores mobiliários e do estímulo à aplicação de poupança no mercado acionário. Em compêndio, é uma personagem de grande importância para o funcionamento adequado do mercado financeiro brasileiro. O governo do início do século XXI, a fim de revigorar a eficácia e o poder do órgão, editou uma medida provisória, a qual caracteriza a instituição do seguinte maneira:

“Entidade autárquica em regime especial, vinculada Ministério da Fazenda, com personalidade jurídica e patrimônio próprios, dotada de autoridade administrativa independente, ausência de subordinação hierárquica, mandato fixo e estabilidade de seus dirigentes, e autonomia financeira e orçamentária.”
(BRASIL. Medida Provisória 8 de 31/10/01. Poder Executivo. Brasília, 2001).

² A Comissão de Valores Mobiliários foi instituída pela Lei 6.385 de 07/12/76. Mais tarde, a disposição original foi ampliada pela Lei 10.303, pelo Decreto 3.995, pela Resolução 3.427 do Conselho Monetário Nacional, entre outros.

Os valores mobiliários são títulos ou contratos de investimento coletivo que, quando ofertados em meio público, geram direito de participação, de rendimento e de parceria, inclusive resultante de prestação de serviços, cujos rendimentos são oriundos do esforço do empreendedor ou de terceiros. Essa definição é obtida na Lei 10.303³, onde o poder legislativo também se põe a citar exemplos clássicos de valores mobiliários, tais como: as debêntures, as ações, as notas comerciais, entre outros. Os contratos futuros, as opções e as outras modalidades de derivativos são citadas no instrumento jurídico e, portanto, são regidos pelas diretrizes da Comissão de Valores Mobiliários. A entidade é o maestro da comercialização de tais elementos através da instrução 283 – de 10/07/09 – de onde advém a seguinte definição:

“Mercado de liquidação futura, (...), é o mercado (...) que mantenha pregão ou sistema eletrônico para a negociação de valores mobiliários com liquidação em prazo superior ao estabelecido para os negócios no mercado à vista, sob a supervisão e fiscalização de entidade auto-reguladora.” (BRASIL. Comissão de Valores Mobiliários. Instrução nº 283, de 10 de julho de 1998).

De acordo com Fortuna (2008), o mercado de liquidação futura é o local próprio para a comercialização dos derivativos, visto que tais instrumentos financeiros valem-se dos princípios de negociação futura. As entidades auto-reguladoras são a pedra angular do sistema, coordenando e viabilizando a transação futura, e, comumente, tal papel é ostentado pelas bolsas de valores, pelas companhias de liquidação e de compensação, pelas bolsas de futuros, entre outros. Habitualmente, o mercado de liquidação futura é o amálgama de outros: o de futuros, o a termo, o de opções e o de *swaps*.

³ A Lei 10.303 é mais conhecida como a Nova Lei das S.A.

No aparelho financeiro brasileiro, a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) são as duas principais entidades negociantes de instrumentos derivativos em região brasileira. Até recentemente, a afirmação prévia era cabalmente verdadeira, contudo, em maio de 2008, as duas instituições fundiram-se e, pois, passaram o legado para a BM&FBOVESPA. Em comunhão, essas companhias são responsáveis pela movimentação de uma operação notória, negociando, segundo a própria BM&F (2008), 29,3 trilhões de reais em 2008 entre diversos ativos financeiros e, pois, firmando o Brasil como centro econômico mundial e como líder da esfera latino-americana, em quantidade de negócios. No que concerne à transação futura, a vocação maior da firma é “organizar, operacionalizar e desenvolver um mercado de derivativos livre e transparente” (FORTUNA, 2008, p. 664), cultivando campo farto para o amparo a atividade econômica apoquentada pelas flutuações potenciais no preço de determinado ativo. Para tanto, a instituição disponibiliza um extenso cardápio de soluções financeiras que, como bem veremos, alastra-se por diversas modalidades de derivativos.

No reinado dos derivativos, o instrumento neófito é o contrato a termo, por meio da onde uma contraparte se compromete a obter ou a ceder uma quantidade estipulada de determinado ativo-objeto, em preço e em data vindoura antecipadamente acordados. Ainda que primitivas, tais ferramentas são sobrecarregadas de conceitos importantes de negociação de futuros, o que pavimentaria avenida segura para a ascensão dos demais instrumentos derivativos. Habitualmente, o contrato a termo é celebrado no mercado de balcão, dotando-o, conseqüentemente, da esperada flexibilidade nos termos de acordo, ao mesmo tempo em que sustenta um maior risco de inadimplência. Estes instrumentos não admitem o câmbio de posições, congelando a operação até o vencimento. Todavia, através de operação adequada, é possível desmontar o compromisso.

O mercado futuro é a evolução lógica do mercado a termo. Segundo Figueiredo (2006), a distinção fundamental é encontrada no episódio de liquidação financeira, onde – no contrato futuro – existe a ação do mecanismo de ajuste diário. Em síntese, trata-se da apuração cotidiana, promovendo enérgica e pronta acomodação às expectativas dos investidores do mercado, no que tange o preço futuro do ativo-objeto subjacente. Por intermédio da exposição acima, fica transparente que o instrumento debatido é somente compatível às disposições do comércio em bolsa, porquanto é lá que encontra estrutura competente para comando e atualização dos trâmites requeridos. Outro aprimoramento das noções fundamentais de negociação futura está presente no contrato de *swap*, que é baseada no câmbio do fluxo de caixa de dois ativos. Assim, a atenção é direcionada a performance do objeto, no que concerne à rentabilidade. Por fim, a modalidade restante é a de opções e esta será estudada diligentemente em capítulo reservado póstumo. Em seguida, a tabela II informa as principais características de cada modalidade.

Característica	Mercado a termo	Mercado futuro
Local de negociação	Balcão ou bolsa	Somente bolsa
Posições	Não cambiáveis	Intercambiáveis
Liquidação	Só no vencimento	Ajuste diário
Sinopse	Preço estipulado em data futura	Preço estipulado em data futura
Característica	Mercado de swaps	Mercado de opções
Local de negociação	Balcão ou bolsa	Balcão ou bolsa
Posições	Não cambiáveis	Intercambiáveis
Liquidação	Depende	Depende
Sinopse	Troca de fluxo financeiro	Preço estipulado em data futura

Tabela II: Comparação entre os mercados de liquidação futura.

(BM&F, 2009, p.19)

⁴ Pautado na disposição corriqueira. Contudo, em certos mercados, as características podem variar. Adaptação livre.

2.3 Perspectiva histórica

2.3.1 Desenvolvimento dos conceitos de liquidação futura

Ao longo da história, a humanidade, assombrada pelo espectro da incerteza, esforçou-se a fim de desenvolver métodos de proteção contra tal entidade, a qual adota tons tão danosos para certos empreendimentos e espíritos humanos. Em tal âmbito, vê-se, hoje, a importância da negociação com liquidação futura, cuja função principal é o amparo de tal causa. O desígnio do presente capítulo é a composição de um panorama dos episódios mais notórios de emersão – e eventual triunfo – de tais conceitos, através das eras mais remotas à hodierna. Os exemplos posteriores são recorrentes no círculo do estudo acadêmico e, embora sejam exemplos remotos e pouco documentados, ilustram e portam cardeais elementos da liquidação futura.

Segundo Chance (1998), no capítulo de Gêneses, a Bíblia reconta a história de Jacob, o qual estabeleceu um contrato com Laban, onde o primeiro obrigava-se a sete anos de intenso trabalho em troca do direito de se casar – no fim de tal período – com a jovial Rachel. Assim sendo, há consenso de que Jacob atuou em contrato de derivativo, ficando episódio curioso na história. Por sua vez, Aristóteles descreve as peripécias de Thales. Esse último era um filósofo de Miletus, que, por meio do uso de conhecimentos matemáticos, antecipou colheita boa de azeitonas para o outono vindouro. Confiante no prognóstico, Thales negociou com os fazendeiros locais, adquirindo o acesso exclusivo à safra futura. O plano funcionou, já que “Thales comprou opções em cima de azeitonas e fez uma fortuna da virtuosa safra” (CHANCE, 1998, p. 16, tradução livre). Portanto, as eras anteriores a Cristo possuem exemplos concretos de derivativos.

A antiguidade é a detentora de uma coleção generosa de amostras do engenho do espírito humano, no que concerne à utilização do conceito de contratos futuros a fim de celebrar melhores relações comerciais ou humanas. Porém, a aristocracia holandesa do século XVII é a responsável pelo primeiro emprego das noções de negociação futura para a consecução de um objetivo clássico: a proteção contra a variação de preços. Por volta do ano de 1634, a tulipa – uma espécie de flor – era um símbolo de prestígio e de poder ostentado pela nobreza da Holanda. Gradualmente, a popularidade da flor atingiu um nível espantoso, estimulando um frenesi de demanda e criando várias distorções econômicas, em peculiar o descontrole do preço por onde o povo holandês “especulava na ascensão ou na queda das ações de tulipa” (MACKAY, 1841, tradução livre).

A civilização holandesa do século XVII era notoriamente sofisticada, a ponto de perpetrar e manusear noções complexas do âmbito comercial, tais como os contratos a termo. Assim sendo, os comerciantes de tulipas, quando confrontados com os indícios de desequilíbrio da balança de oferta e demanda, se muniram de tais instrumentos, de modo a aprimorar a provisão do produto e o amparo dos interesses envolvidos. A ampla volatilidade dos preços também conspirou para o surgimento de um fenômeno intitulado de *windhandel* – traduzido como a negociação de vento – onde os negociantes vendiam e compravam a safra futura da flor. Mais adiante, germinou uma modalidade de contrato singular, aonde o portador pagava pelo direito de comprar a tulipa em momento futuro e por um preço previamente estipulado. Segundo Chance (1998), o contrato a termo virou uma característica intrínseca desse comércio já na longínqua data de 1637. No entanto, a história, conquanto descreva breve triunfo dos instrumentos derivativos, é posseira de um desfecho melancólico, uma vez que a especulação e a absurda situação tornam-se insustentáveis, suscitando severos prejuízos para o povo holandês.

Em meados do século XIX, a nação insular do Japão foi cenário propício para o desenvolvimento de uma iniciativa pioneira, alicerçada em uma estrutura complexa de negociação organizada de contratos de futuros. Na época, o arroz, que era o alimento básico do país e o epicentro da economia, era largamente produzido e comercializado, em especial na cidade de Osaka, a qual desfrutava de posição geográfica vantajosa no que concerne o fluxo de produção e consumo do produto. No entanto, a negociação era descentralizada e errática, o que alimentava fortes distorções no preço do arroz, devido à falta de informações e a expressiva desordem. Assim sendo, não tardou para que um comerciante talentoso começa-se a explorar a ineficiência do comércio e, mais tarde, as bem-venturosas empreitadas de tal indivíduo renderam renome e poder.

Nos anos vindouros, o comércio de arroz prosperou, norteados pelas práticas de gestão conduzidas pelo hábil comerciante. Uma de suas melhores noções foi o negócio de venda e de compra a partir de amostras de arroz, o que aliviou o trânsito logístico da região, poupando dinheiro e tempo. Em segunda instância, tal modelo evoluiu para o de venda com entrega diferida, onde havia o pagamento no ato, mas a entrega do produto era em data futura e em local previamente estipulado. Mais adiante, por sua vez, surgiu a idéia de que o pagamento pelo arroz, quando o prazo de entrega for longo, também seria adiado para o momento futuro. De tal modo, os detalhes da comercialização – tais como: o preço, a qualidade, a quantidade, etc. – são definidos no presente, entretanto a entrega do numerário e do produto ocorre em episódio vindouro. Assim sendo, tratou-se de uma estirpe daquilo que, hoje, é apelidado de contrato a termo. De acordo com Silva Neto (1998), o imperador do Japão herdou o sistema, dotando-o de regulação formal e da força da lei da época. Estabelecia-se, pois, um mercado organizado de negociação de futuros, o que era inédito até então.

Ainda no século XIX, a experiência japonesa seria eclipsada pelos significativos desenvolvimentos no tópico de negociação de futuros materializados em uma cidade do centro-leste dos Estados Unidos da América. Chicago, assim como Osaka, valeu-se de uma localização privilegiada, já que está cravada perto dos grandes lagos americanos e no centro das áreas rurais produtivas da região. Destarte, não tardou para que a cidade tomasse o papel de núcleo da economia local, agenciando o transporte, a distribuição e a comercialização de múltiplos produtos agrícolas. Contudo, por conta da sazonalidade, Chicago padecia de graves problemas de estocagem na época de colheita e, por outro lado, de capacidade ociosa na primavera, o que conspirava para grandes variações no preço dos produtos. Em 1848, fundou-se a *Chicago Board of Trade*, o que – de acordo com Chance (1998) - provar-se-ia um marco na história da negociação de futuros.

Com o intento de solucionar os entraves logísticos da região do centro-leste, os americanos recorreriam aos contratos de entrega a posteriori, aonde os agricultores, a um preço estipulado, estariam autorizados a entregar o produto em momento futuro. O contrato não apenas permitiu o desembaraço do fluxo da produção, como também abriu espaço para a prática da especulação e da defesa contra variações no preço através do de hedge. Chance (1998) tutela que, a seguir, os contratos foram padronizados e ainda resultaram na criação da primeira *Clearing House*. De tal período em diante, houve uma vertiginosa sofisticação de tais instrumentos e das instituições correlatas, de modo que, sem delongas se aportou no formato moderno. De lá para cá, os derivativos viveram um período sombrio – sofrendo, inclusive, banimentos em diversos países - entretanto o utensílio, como veremos, sobreviveria até os tempos modernos. A região de Chicago, nos anos vindouros, permaneceria ator central para o mercado de liquidação futura, em especial em 1973 com a fundação da *Chicago Board Options Exchange*.

Nas últimas décadas, a civilização humana foi palco fecundo para o surgimento de revolucionárias mudanças, as quais transformaram o relacionamento entre os atores econômicos, sociais e políticos. Já no início da década de 70, experimentou-se o amplo efeito do liberalismo econômico, que volatilizou o sistema mundial de câmbio, incitando fortes oscilações nas taxas de juros e aumentando o risco em contexto mundial. Depois, surge o intenso desenvolvimento das tecnologias de comunicação e de informação, as quais redefinem, profundamente, uma miríade de dinâmicas da sociedade humana. A internacionalização de empresas lucrativas redimensiona o movimento de investimentos em escala global e, na década de 80, muitas empreitadas sofrem concorrência acirrada, o que forma messiânico obstáculo para todos agentes econômicos.

Até os tempos hodiernos, o mundo não falhou em girar, provendo, de maneira exaustiva, novos desafios à humanidade, a qual esforça-se a favor da adaptação. Tais incessantes mutações foram, e ainda o são, o principal estopim para a reformulação do sistema financeiro mundial, que se reinventa frente aos clarins da nova era, de modo a operar de forma satisfatória e suprir novas demandas. É assim que, gradativamente, o cenário mundial – tal qual um maestro – estimula ou coíbi o surgimento de novas idéias, práticas e instrumentos. A complexidade e a sofisticação da rede financeira moderna é, então, o amálgama dos estímulos e das reações de outrora. Em especial, daqueles das décadas de 70 e de 80, onde ocorreu:

“(…) um expressivo aumento da volatilidade das taxas de juros e de câmbio, culminando na desregulamentação do sistema bancário, que passou de um sistema altamente protegido e regulado para outro marcado por uma acirrada competição em uma ambiente cada vez mais volátil.” (RIBEIRO, 2006, p. 314)

Em tal época, o mercado financeiro sofreu profundas transformações, lideradas pela ampliação cabal do risco, pelas flutuações das taxas de câmbio e pelo rompimento das fronteiras financeiras. Silva Neto (1998), jura que, desde então, “o capital passou a fluir de forma rápida e eficiente, procurando o melhor retorno e o menor risco”. Destarte, nasce uma crescente agitação dos agentes econômicos, os quais ambicionam técnicas mais desenvolvidas de gestão de risco e a edificação de operações mais eficientes. Eis que, portanto, surge uma demanda por novas soluções e produtos financeiros, os quais apaziguem as necessidades emergentes do sistema financeiro e satisfaçam os anseios fomentados pela nova condição. Entre tais, é comum destacar-se o apetite por “formas mais eficientes de financiamento e, principalmente, proteção (...) contra alterações nas paridades das moedas” (SILVA NETO, 1998, p.17).

A nova conjuntura do mercado financeiro é a parceira de novas necessidades, o que estimulou – e estimula – o instinto de superação e inventividade humana. O cenário mundial é, pois, um campo propício para o desembaraço e a popularização de um novo instrumento financeiro: os derivativos. Assim, mediante tal raciocínio, alguns estudiosos consideram que o verdadeiro berço dos derivativos é o continente europeu, onde, por volta da década de 70, começou-se a negociar através do mecanismo de *swap*. Porém, na verdade, o conceito fundamental por trás de tais artifícios está embutido na evolução da história de comercialização de bens desde longínquas datas, revelando-se, de uma maneira ou de outra, em certos episódios. De acordo com Silva Neto (1998), de fato, a negociação de futuros e várias noções do instrumento derivativo transparecem ao longo da história, todavia somente “devido à mudança dramática por que o mundo passa (na década de 70 e 80), esse instrumento ganhou notoriedade e força”.

2.3.2 Condição moderna

Como evidenciado pela seção antecedente, o mercado de liquidação futura é o produto do desenvolvimento de conceitos milenares que prevalecerem até mesmo rente os difíceis anos de intervenção estatal na economia ou aos ocasionais banimentos da modalidade de negociação. Hodiernamente, no entanto, o personagem ocupa estimável responsabilidade no sistema financeiro moderno e é afirmado que, se esses “mercados parassem de ser negociados, a economia mundial sofreria bastante, pois todo processo de negociação mundial está ancorado (...) por meio de derivativos” (BM&F, 2009, p.06). Por conseguinte, o instrumento derivativo é uma substância principal para a alquimia do conjunto de operações financeiras elementares que coordenam o cotidiano mundial.

O *Bank for International Settlements* (BIS) é uma organização de âmbito global, cujo escopo é a supervisão bancária e o fomento da cooperação monetária e financeira, quadrando 55 bancos centrais de diversas nações alastradas pelo mundo. Em especial, a corporação, em acidente trimestral, é a porta-voz de relatórios importantes, que listam os valores referenciais dos contratos de derivativos negociados em balcão ou mediante bolsa, discriminado-os em contas detalhadas. Em seguida, as figuras I, II, III, IV e V são representações gráficas desse demonstrativo, expondo o passado recente da transação dos contratos aludidos e mostrando o extenso depositório de dados do BIS. É oportuno, antes de prosseguirmos, um breve esclarecimento acerca do conceito de valor nocional, o qual é elemento comum nos painéis subseqüentes. Em linhas gerais, trata-se do valor total dos ativos subjacentes de uma posição armada por derivativos, a que, usualmente, é alavancada em relação à negociação direta do primeiro.

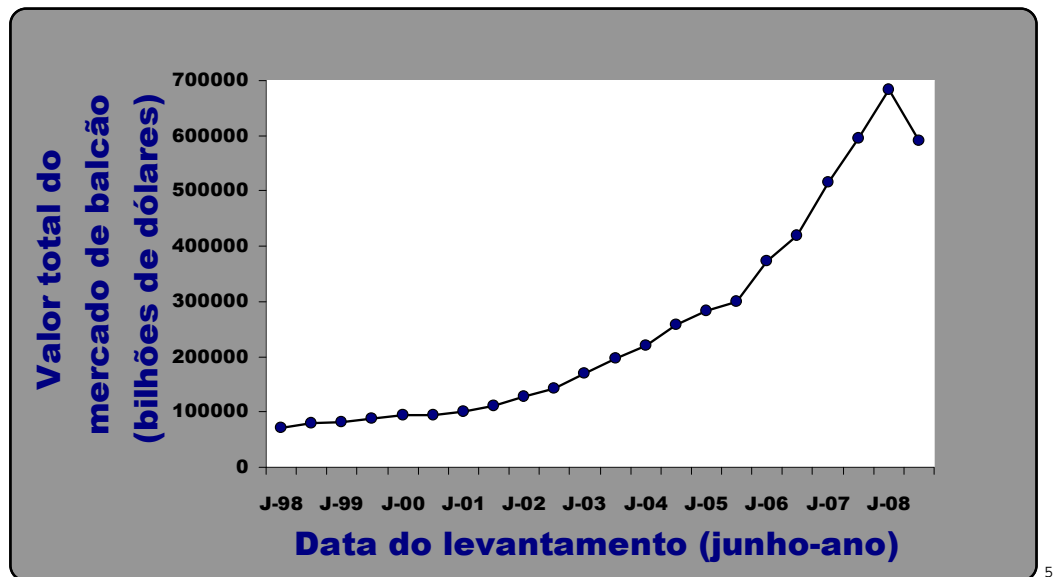


Figura I: Evolução do valor total movimentado pelos derivativos financeiros transacionados em balcão.

(Bank for International Settlements, 2009)

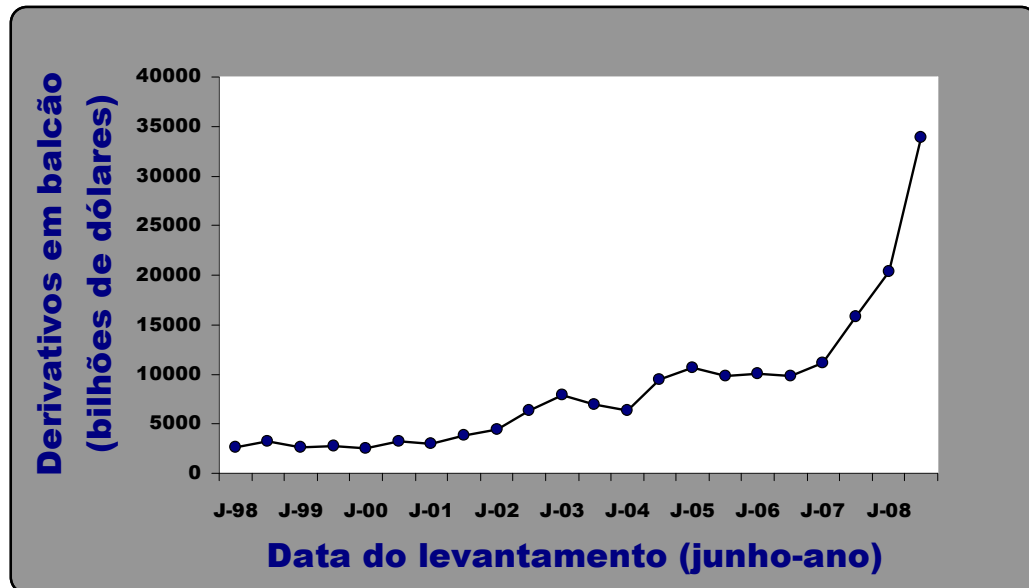


Figura II: Evolução do valor de mercado bruto total dos derivativos financeiros transacionados em balcão.

(Bank for International Settlements, 2009)

⁵ Os dados da figura I, III, IV e V foram contemplados através do conceito de valor nominal.

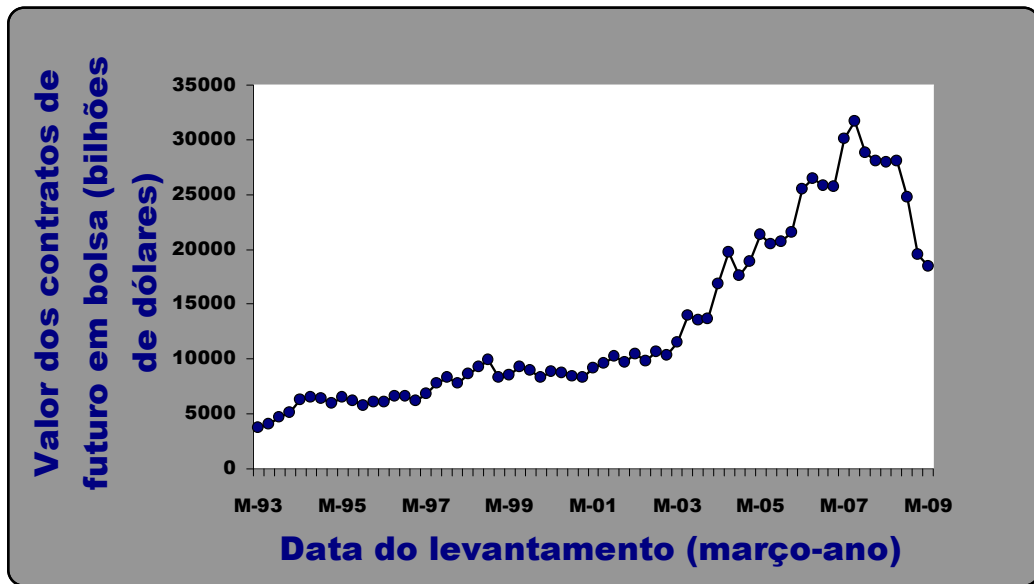


Figura III: Evolução do valor total movimentado pelos derivativos financeiros dos contratos de futuro transacionados em bolsa.

(Bank for International Settlements, 2009)

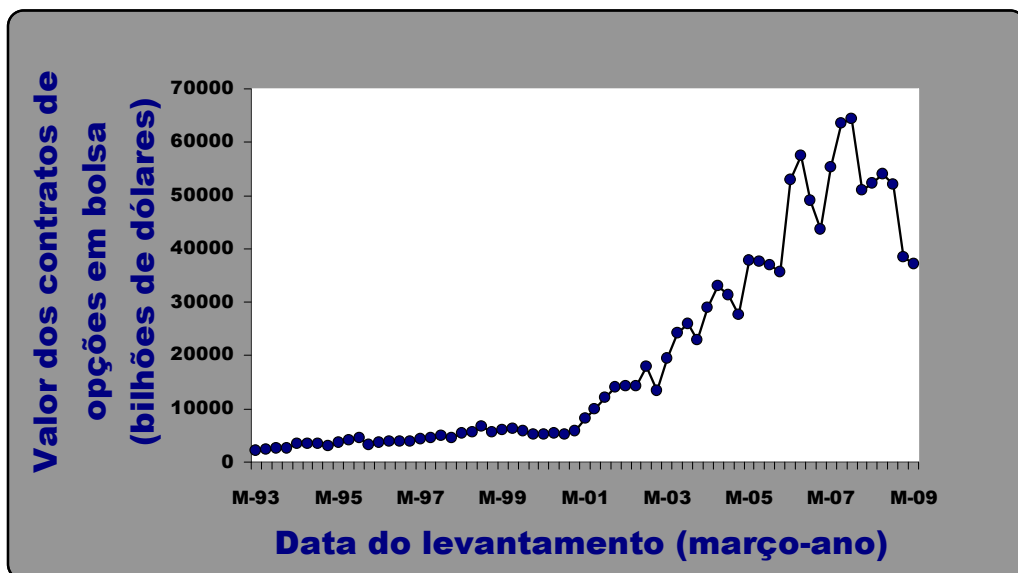


Figura IV: Evolução do valor total movimentado pelos derivativos financeiros dos contratos de opções transacionados em bolsa.

(Bank for International Settlements, 2009)

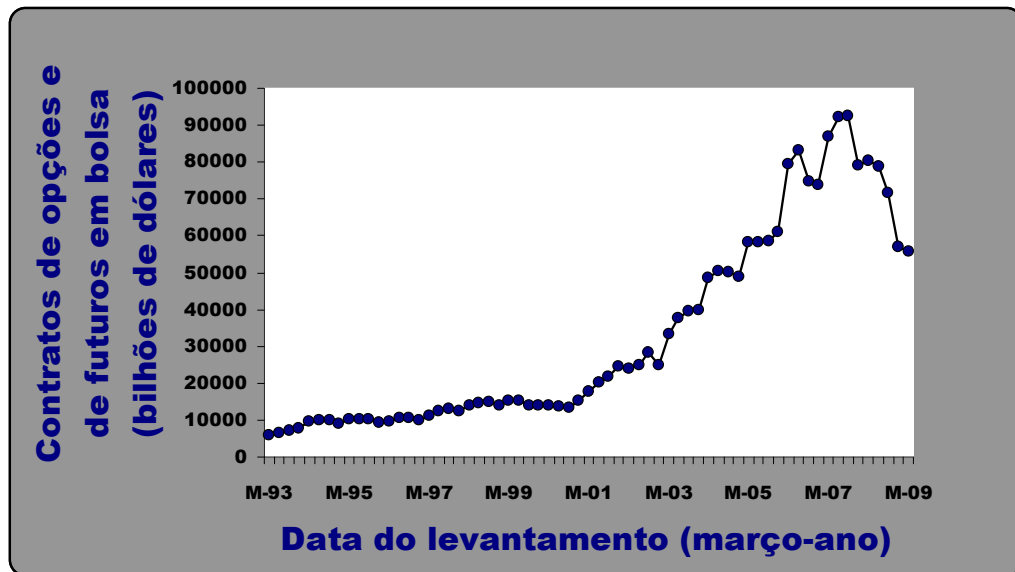


Figura V: Evolução do valor total movimentado pelos derivativos financeiros dos contratos de opções e de futuros transacionados em bolsa.

(Bank for International Settlements, 2009)

Curiosamente, o nascimento do século XXI é acompanhando de um movimento abrupto de popularização dos instrumentos derivativos, que conspira para sustentável e íngremes percentuais de crescimento, no que concerne ambos domínios de transação - o balcão e a bolsa – em termos de valor mobilizado. O painel antecedente é abarrotado de numerários agigantados que não somente delineiam a magnitude do mercado, como também providenciam perspectiva aprazível para a confirmação de certas suspeitas. De certo, embora os gráficos não estejam formatados para comparação direta, parece claro que o mercado em bolsa é positivamente sobrepujado pelo o de balcão, o qual governa impressionante volume de transações futuras. No mercado em bolsa, por intermédio da comparação entre a figura III e a IV, observa-se que a segunda metade do século atual é acompanhada de consistente predileção pelos contratos de opções, em detrimento da negociação daqueles voltados para a comercialização de futuros, em termos nocionais.

2.4 O mercado de opções

Entre os derivativos, a opção é senhora de peculiar singularidade. Por oposição aos demais instrumentos, ela é concedente de um direito para o investidor, ao invés de, como de costume, sacramentar a obrigação de determinada ação em estação vindoura para todas contrapartes envolvidas. O contrato de opção exige o pagamento de prêmio estipulado, o que é característica única entre os derivativos. Comumente, a negociação é consumada através de duas modalidades: a européia ou a americana. A comunidade acadêmica está em concórdia quanto ao tópico, doutrinando que o direito do derradeiro modelo é exercido em instante qualquer até a dia de vencimento, ao passo de que o do primeiro é reservado à data mencionada. Na visão de Hull (2004), as opções européias, geralmente, são melhores cobaias de análise do que as irmãs americanas e, portanto, o conhecimento teórico costuma nascer naquelas e, depois, ser expandido para essas.

O contrato de opções é celebrado em bolsa ou em balcão e, rotineiramente, ele é pautado na transação de múltiplos espécimes do ativo-objeto subjacente, o que funda potencial para a alavancagem de resultado e espaço para a constituição do já abordado conceito de valor nocional. Tais instrumentos compõem profuso cardume de estratégias e posições complexas, porém todas são construídas mediante duas operações básicas: a *call* ou a *put*. A primeira é o contrato do direito de compra de determinado ativo-objeto subjacente, em ocasião póstuma e por montante estipulado, enquanto que a segunda é fundamentada no evento antagônico: o direito de venda. Nos contratos de opções, o dia da execução é alcunhado de data de vencimento ou prazo de maturação, à medida que o preço futuro é nomeado de preço de exercício. As figuras VI, VII, VIII e IX evidenciam, a seguir, o comportamento do retorno esperado de cada modalidade de opção.

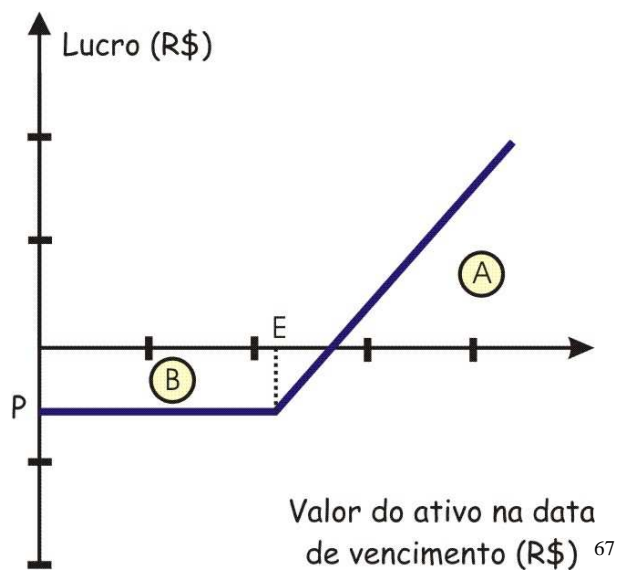


Figura VI: Gráfico geral do retorno da aquisição de uma opção europeia de *call*.

(HULL, 2004, p. 07)

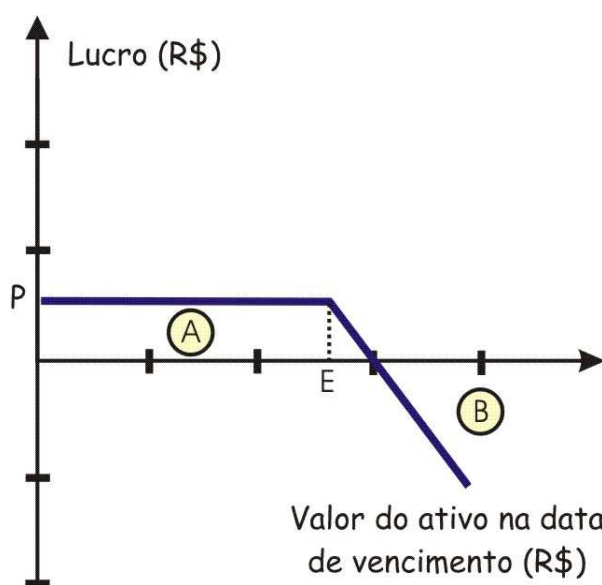


Figura VII: Gráfico geral do retorno da venda de uma opção europeia de *call*.

(FIGUEIREDO, 2006, p. 75)

⁶ As figuras VI, VII, VIII e IX são adaptações livres.

⁷ “E” represente o preço de exercício. “P” é o prêmio. “A” é a área de lucro. “B” é a área de prejuízo.

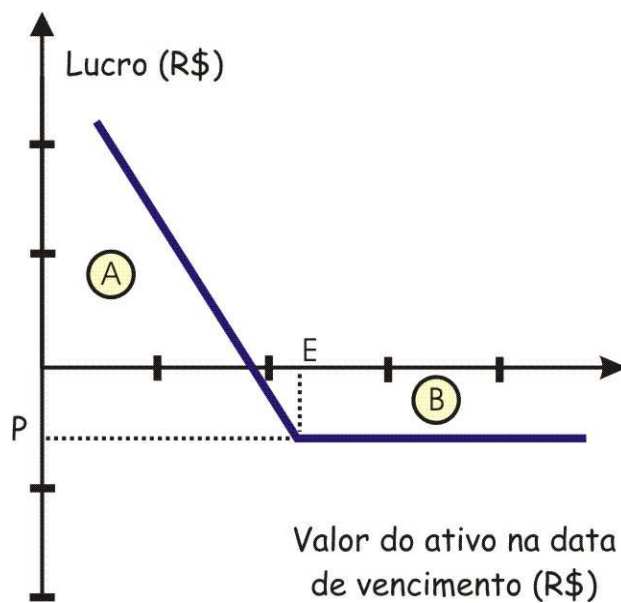


Figura VIII: Gráfico geral do retorno da aquisição de uma opção europeia de *put*.

(HULL, 2004, p. 08)

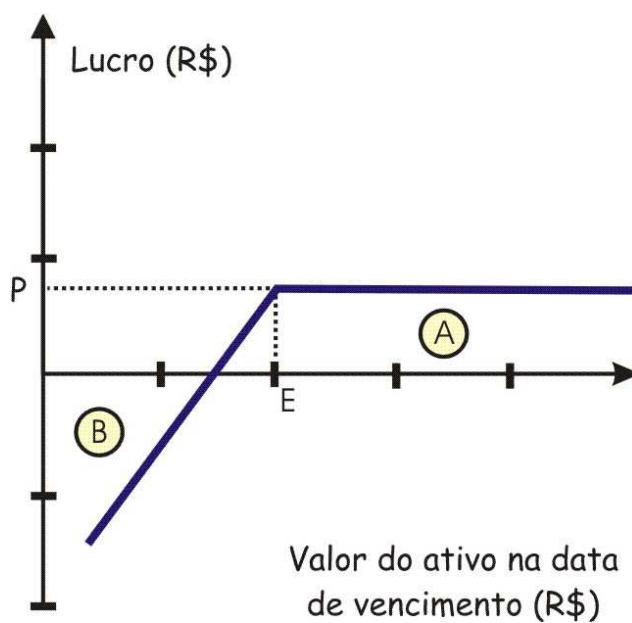


Figura IX: Gráfico geral do retorno da venda de uma opção europeia de *put*.

(FIGUEIREDO, 2006, p. 77)

A BM&F é corporação histórica. A partir da inauguração do pregão em 1986, tal instituição combateu em prol da expansão e popularização dos instrumentos derivativos na nação brasileira. Na verdade, as raízes da bolsa remontam à aurora do século XX e se fincam em empreitadas pioneiras de empresários paulistas. Hoje em dia, a instituição é genitora da BM&FBOVESPA, a qual é obra da fusão com a bovespa, e, portanto, uma discussão acerca dos contratos de opções deve, essencialmente, ocorrer em âmbito da organização neófito, visto como ela é a presente gestora do mecanismo.

O primeiro tópico de investigação é a abundância de ativos-objetos subjacentes disponíveis para a comercialização de opções. Em primeiro momento, é perceptível que o mercado está discriminado em três vultosos conjuntos: as opções sobre disponível, as opções sobre futuro e as opções flexíveis. O objeto de negociação do derradeiro partido é financeiro ou não, entretanto o acordo é necessariamente sacramentado em balcão e, portanto, é simpático a customização aos interesses das contrapartes. Normalmente, tal contrato é registrado na bolsa e, caso requisitado, pode ganhar garantia contra o evento de inadimplência, amparado pela BM&FBOVESPA. A primeira modalidade, por sua vez, é habitada por modelos clássicos, onde a negociação é travada na bolsa e onde o ativo subjacente assume estirpes diversas, e a segunda é estruturada em contratos futuros, o que, embora promova curiosa relação indireta com o elemento mestre, é comercializado através do protocolo tradicional. Em setembro de 2009, a BM&FBOVESPA contemplava o seguinte cardápio de ativos financeiros para o contrato de opções: o ouro, as taxas de câmbio, as taxas de juro e o índice Ibovespa. Por outro lado, a entidade disponibilizava, no que concerne os ativos-objetos não financeiros, contratos de opções para: a soja em grão a granel, o milho, o café arábica, o boi gordo e o açúcar cristal especial. Por fim, os contratos de commodities referidos são, cabe mencionar, baseados no contrato futuro.

A pormenorização do conteúdo de um contrato de opção é uma empreitada fútil e desprovida de sentido, porquanto não somente a informação é amplamente divulgada no endereço virtual da BM&FBOVESPA, como também os parâmetros são passíveis de reformulação completa. Ao invés disso, uma discussão mais oportuna é a discriminação dos termos genéricos e corriqueiros dos contratos, examinando a ocupação de cada na operacionalização do derivativo. A padronização, como já mencionado em oportunidade prévia, é benévola ao mercado em bolsa, providenciando a apetecida liquidez. No cume do contrato de opção, comumente, algumas convenções importantes são anunciadas, o que estabelece amparo para o relacionamento entre os envolvidos. Entre outros itens, é oportuno enfatizar: a definição de contrato, os possíveis deveres e direitos contraídos, o resguardo legal de determinados detalhes, entre outros.

O próximo tópico é o detalhamento do objeto de negociação, o que é de grande importância no contrato futuro, por evento da descrição de determinada mercadoria. No contrato de opções, no entanto, tal episódio não advém, visto que estas são negociadas apenas indiretamente, bastando à especificação do contrato futuro. O próximo tema é a estipulação do modo apropriado de interpretar a cotação, assim como a oscilação diária admitida pela bolsa e a competência de intervenção distendida a esta. Nesse momento, é conveniente mencionar que, eventualmente, certos contratos podem apresentar limite máximo ou mínimo para a variação do ativo-objeto subjacente, o qual, caso quebrado, é revogador do direito de exercício. Posteriormente, o contrato atesta a equivalência entre uma opção e a quantidade do ativo comandado, delatando a força da alavancagem. Em seguida, dispõe-se o preço de exercício, a data de vencimento, as condições indicativas de possibilidade de liquidação, os dias úteis de negociação, as normas para transações especiais, entre vários outros itens menores e flexíveis.

Segundo Figueiredo (2006), a BM&FBOVESPA transaciona opções de venda e de compra, contemplando índices e ações. Porém, a liquidez está somente concentrada nas opções de compra de ações, uma vez que elas movimentam parcela predominante do volume total comercializado no mercado. Comumente, as opções são identificadas pelo nome do ativo-objeto subjacente, acompanhado pelo símbolo denunciador do prazo de vencimento (ver tabela III). Na BM&FBOVESPA, Figueiredo (2006) nos explica que a maturidade das opções ocorre na terceira segunda-feira do mês indicado. A alcunha de cada opção costuma portar também o preço do exercício, distinguindo-a das demais. As séries de opções são qualificadas por meio do relacionamento imediato entre a cotação presente do ativo subjacente e o preço de exercício do derivativo. Quando o primeiro for superior ao segundo, nas opções de compra, fala-se que este é *in-the-money*, porque o exercício é provável. Caso contrário, temos uma *out-of-the-money* e, caso os elementos sejam iguais, possuímos uma *at-the-money*. Nas opções de venda, a notação é oposta, conformando-se às oportunidades de exercício do direito.

Opção		Vencimento
COMPRA	VENDA	
A	M	Janeiro
B	N	Fevereiro
C	O	Março
D	P	Abril
E	Q	Mai
F	R	Junho
G	S	Julho
H	T	Agosto
I	U	Setembro
J	V	Outubro
K	W	Novembro
L	X	Dezembro

Tabela III: Notação da BM&FBOVESPA para data de vencimento de opções.

(FIGUEIREDO, 2006, p. 77)

Tradicionalmente, a BM&FBOVESPA requer o depósito de margem de garantia previamente acertada por parte dos participantes ativos do mercado de opções, de modo a remediar perdas potenciais e assegurar a boa fé dos envolvidos. É, portanto, um tipo de caução ajustável à volatilidade do derivativo e à agressividade do risco intrínseco a uma determinada transação, que, portanto, “varia de acordo com as condições da conjuntura e com a data de vencimento do contrato” (FORTUNA, 2008, p. 662). Um outro elemento notório é a equipe de custos operacionais cobrados pela BM&FBOVESPA, por conta da manutenção e coordenação do sistema. Nessa esfera, há a usual taxa de corretagem, a qual incide no fechamento ou por ventura de modificação na posição. O percentual dela é diferente para cada contrato e, cabe notar, ela assume dois nomes: taxa de liquidação no momento do término da posição e taxa operacional básica para os casos demais. No mercado de opções, também há a taxa de registro de opções e a taxa de emolumentos, que é de onde provêm à receita da bolsa.

A *Clearing* de Derivativos é uma organização fundamental para a boa operação de todo nicho do mercado de liquidação futura, atuando como contraparte para todos os vendedores e compradores e obrando conforme as normas do Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB). De acordo com Fortuna (2008), o modelo estabelece o personagem do Membro de Compensação (MC), que é o responsável, perante a Bolsa, pela liquidação de todas as operações. Em síntese, o sistema opera em prol da probidade do mercado, bem como respalda os direitos contratuais dos participantes. Ademais, existem diversos fundos voltados para o saneamento de potenciais episódios de inadimplência, os quais, por sua vez, concedem mais credibilidade ainda às operações. Nesse sentido, algumas funções do mecanismo invocado pela *Clearing* de Derivativos são: o controle de fianças e variações, a realização da liquidação financeira, a definição do limite de risco, etc.

Na BM&FBOVESPA, o contrato futuro de depósitos interfinanceiros (DI) é parte fundamental para o bom emprego das técnicas de apreçamento de opções e, logo, faz-se oportuno sucinto comentário acerca do instrumento financeiro aludido, posto que tais noções serão resgatadas no evento da apreciação empírica vindoura. Em específico, os contratos aludidos são conhecidos como DI de um dia, visto que esses derivativos “têm seus preços formados com base nas expectativas dos agentes econômicos em relação às taxas de juros do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), nas operações por um dia” (FIGUEIREDO, 2006, p. 27). Figueiredo (2006) esclarece que os CDI são títulos de emissão de instituições financeiras que lastreiam as operações interbancárias, tornando possível a transferências de recursos entre essas criaturas. O contrato é capaz de gerar proteção contra oscilação da taxa de juro, no entanto este também é apto parâmetro de uma taxa desprovida de risco, o que o torna, assim sendo, elegível para o papel de taxa de desconto em variados modelos de apreçamento de opções, como veremos.

Usualmente, o contrato futuro de DI de um dia é comercializado até o último dia útil de determinado mês, porquanto o vencimento ocorre no primeiro do subsequente. O valor do instrumento financeiro na maturação é 100.000 pontos, pautado no total de 252 dias anuais. Por intermédio dessas convenções, Figueiredo (2006) nos assevera que as alterações nas taxas de juros são refletidas no Preço Unitário (PU) do contrato e, assim sendo, o valor presente desse último é inferido mediante a divisão do número de pontos na maturidade do instrumento pela taxa de juros cogitada para o período (ver equação 1). O raciocínio também é válido para a operação oposta: a dedução da taxa de juros.

$$PU = \frac{100.000}{1+i} \quad (\text{equação 1})$$

3 APREÇAMENTO DE OPÇÕES

3.1 Opções: a evolução do apreçamento

Desde a alvorada do mercado financeiro moderno, os estudiosos depararam-se com o complicado desafio de arquitetar uma teoria cientificamente satisfatória capaz de ministrar uma solução para o inquietante dilema de apreçamento de opções. De fato, de acordo com Shah (1997), os demais instrumentos derivativos são relativamente simples e, portanto, os acadêmicos os dissecaram de modo extenuante, alcançando um grau de compreensão cabível. Em contraste, as opções comportam-se de modo mais complexo, o que – até recentemente – figurou como grande empecilho para o desenvolvimento de um modelo de apreçamento apropriado e, portanto, por vários séculos, os negociantes muniram-se apenas de seus próprios instintos para dar cabo a tal empreitada. Portanto, o enigma principal do mercado de opções foi – por muito tempo – como definir um valor justo para dada opção, portadora de determinadas características?

Tradicionalmente, o apreço de instrumentos financeiros na ciência econômica é estudado, desenvolvido e efetuado a luz de duas tecnologias: uma baseada no risco e a outra na arbitragem. Conforme Shah (1997), a primeira vertente teórica acolhe o fato de que o preço de equilíbrio de determinado ativo é uma função do retorno esperado pelos agentes econômicos e do risco futuro natural ao objeto. Simultaneamente, estes fatores ponderam a aversão à incerteza marchetada nas relações econômicas de determinada localidade, apreciando o impacto do perfil dominante dos indivíduos no valor dos ativos. Essa tecnologia de apreçamento é decomposta em três parâmetros: a tolerância geral à incerteza, o risco e a o retorno esperado.

Na verdade, a metodologia de apreçamento descrita acima é, freqüentemente, alvejada por críticas austeras, as quais argumentam que os seus três componentes são bastante complexos, demandando uma análise elaborada e, assim sendo, prejudicam a aplicabilidade dos modelos resultantes. Por outro lado, a teoria seguinte é mais simples, uma vez que está atrelada somente à prática da arbitragem e, conseqüentemente, ao poderoso pressuposto de que a cotação atual de um ativo é a mais acurada imaginável. Deste modo, ao invés da apuração imediata do valor do objeto, o método arquiteta uma plataforma segura para a investigação do comportamento de uma entidade, de onde se extraí inferências aplicáveis em instrumentos financeiros similares. A hipótese basilar do modelo é verdadeira, derivando das operações da arbitragem que, como bem avaliado em oportunidade anterior, extermina as discrepâncias entre os preços, bem como olha pelo continuado equilíbrio de tais elementos.

Shah (1997) apostila que a técnica de apreçamento por arbitragem é o maestro de implicações potentes e detentora de um argumento convincente, que – a despeito de parecer óbvio – posa como solução para problemas complexos. Naturalmente, assume-se que, a fim de funcionar de maneira adequada, o modelo é absolvido dos seguintes obstáculos: a possibilidade da ineficiência dos arbitradores, no que concerne o lapso na exploração ou na racionalidade dos atores econômicos. Cabe lembrar também que os custos de transação são empecilhos para a arbitragem e, pois, devem ser considerados de modo apropriado. Ambas metodologias desfrutariam de sucesso: a tecnologia nativa do risco é o alicerce do popular *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), ao passo de que a proveniente dos serviços dos arbitradores seria indispensável, como mostraremos, para o progresso do mercado de futuros. Em seguida, discutem-se as principais decorrências da existência da arbitragem eficiente.

No que tange à liquidação futura, o grande mérito da arbitragem é a geração de uma ligação irrefragável entre o preço hodierno e o futuro de determinado ativo, o que é – por sua vez – uma decorrência de duas outras relações pré-estabelecidas através das atividades dos arbitradores. Uma delas é a lei do preço único. Esse princípio estabelece que todo objeto é dono de um preço universal, visto que, caso contrário, existiria uma brecha para o lucro sem risco através da exploração das discrepâncias entre os valores praticados em diferentes mercados. Por sua vez, o segundo preceito nos doutrina que o fluxo de caixa futuro é protagonista do valor de um ativo e, porquanto, caso dois objetos detenham uma estrutura idêntica de retorno, então eles também compartilham o mesmo preço racional na data presente. Caso antagônico, haveria ocasião para a ingerência do arbitrador, o que suprimiria a existência de tal cenário. Por intermédio das duas fidúcias, atinge-se a conclusão de que o preço presente de determinado ativo é função do futuro, uma vez que, necessariamente, este deve ser igual ao valor desse, descontado para o momento atual através da taxa de juros livre de risco.

O apreçamento de opções é – surpreendentemente – abrangido pela a máxima anterior, porém de modo mais subliminar. No contrato de opções, o portador do direito é soberano da capacidade de exercício na data de vencimento e não da obrigação, o que deturpa a aplicabilidade direta do preceito mencionado. Nada obstante, o argumento da afirmativa é a espinha dorsal de diversos métodos de apreçamento de opções – como o binomial e o de Black-Scholes – já que “o sucesso (de tais técnicas) (...) é amplamente devido a uma importante característica: os preços (...) não dependem da predileção (do investidor), mas só do argumento da não arbitragem” (SCHACHERMAYER; HUBALEK; 1999, p.1, tradução livre). Conquanto aparentem serem óbvias, tais divagações são fundamentais para a lavoura de certas noções complexas, como exploraremos a seguir.

De acordo com Shah (1997), o francês Louis Bachelier, no ano de 1900, foi o pioneiro no emprego da matemática avançada na apuração dos preços de instrumentos financeiros, o que, mais tarde, se revelaria basal para o apreçamento de opções. Em sua tese de doutorado⁸, o autor valeu-se dos dispositivos da teoria da probabilidade, em especial dos princípios de processos estocásticos. O estudo de Bachelier é um episódio notório na história da ciência econômica, onde a genialidade do autor estava à frente de sua época. Assim, a abordagem, bem como as conclusões, da tese seriam somente retomadas, apreciadas e aprofundadas em momento póstumo.

Na aurora da década de 60, a comunidade acadêmica tomou a problemática do apreçamento de opções como um de seus temas prediletos de debate, o que revitalizou o constrangimento frente à ausência de uma teoria completa para explicar o fenômeno. Segundo Shah (1997), na época, o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) estava, fortemente, empenhado para a solução da questão, aglomerando esforços provenientes de numerosos estudiosos, como Paul Samuelson e Robert C. Merton. Segundo Black & Scholes (1973), Sheen Kassouf e Edward Thorp apresentariam, ainda em 1967, noções importantes para o aprimoramento da doutrina, que seriam resgatas e expandidas pelos os modelos vindouros, em característico por aquele de Black & Scholes. Nada obstante, a década de 60 não contemplaria solução categórica para a problemática, uma vez que, conforme Black & Scholes (1973) nenhuma teoria alcançaria completo êxito, já que todo raciocínio dependia de um ou mais parâmetros arbitrários. No término da década, “uma grande descoberta foi auferido por Hans Stoll, que provou uma relação entre o preço de uma opção europeia de compra e uma de venda” (SHAH, 1997, p. 9). A seguir, estudasse as propriedades gerais mais importantes do tópico de apreçamento de opções.

⁸ Autor da “*Théorie de la spéculation*” de 1900.

3.1.1 Propriedades gerais do apreçamento

O apreçamento adequado de opções era uma questão problemática, entretanto o contínuo empenho para a superação de tal obstáculo, conquanto não tenha elaborado uma solução contundente até 1973, brotou compreensão fina acerca do comportamento de tais instrumentos financeiros. Hoje em dia, como listado por Figueiredo (2006), sabe-se que o valor de uma opção é influenciado diretamente por seis elementos variáveis, a saber: o prazo de maturação, a taxa de juro livre de risco, o preço de exercício, o preço corrente do ativo subjacente, a volatilidade relativa e o retorno de dividendo auferido até o vencimento. O desígnio do capítulo subsequente é estudar o efeito genérico esperado pela modificação de certa variável, aclarando o relacionamento dela com a opção.

Por ventura da maturação de uma opção de compra, a ciência econômica, ou a mera intuição, nos doutrina que o retorno do instrumento será idêntico ao montante pelo qual o preço do ativo-objeto no vencimento excederá o de exercício. Logo, Hull (2004) é categórico ao mencionar que o valor da opção de compra é dono de correlação positiva para junto com a valorização do ativo e, por outro lado, uma correlação negativa quanto ao aumento do preço de exercício. Por sua vez, na conclusão do prazo de maturação, a opção de venda é resultado da diferença entre o preço de exercício e o do ativo, porque o investidor exerce “o direito de vender a E (preço de exercício), podendo comprá-lo por S (cotação)” (FIGUEIREDO, 2006, p. 75). Portanto, a modalidade responde de maneira oposta ao estímulo, desvalorizando-se quando o ativo está bem apreciado ou quando o preço de exercício declina. Naturalmente, em ambos casos, se a opção não é exercida, o direito não é concretizado e o prêmio, em jargão especializado, vira pó. As interações, como veremos em seguida, precedentes são simples e diretas frente às demais.

No que concerne o valor da opção, a taxa de juros livre de risco é uma variável titular de influência mais sutil. Por ventura do acréscimo da taxa referida na economia, o retorno esperado dos investidores posseiros de ações tende a aumentar e, pois, o valor presente de qualquer fluxo de caixa sofre uma queda. Conforme Hull (2004), o evento é responsável pelo decréscimo do valor das opções de venda e a valorização das opções de compra. No entanto, a afirmação anterior é fundamentalmente teórica, já que apenas considera a implicação direta entre as duas variáveis. Na verdade, o acréscimo da taxa também afetaria outros elementos, o que, certamente e de forma indireta, modificaria de forma complexa – e imprevisível – o valor da opção. Nesse contexto, Hull (2004) afirma que a taxa de juros detém correlação negativa com o preço do ativo subjacente, o que é possivelmente pressuposto causador de impacto oposto ao mencionado acima.

Para o investidor, a volatilidade é o representante do nível de incerteza atrelado ao desempenho futuro de determinado ativo, personificando o potencial de perda e – ao mesmo tempo – a agressividade provável do ganho. O portador do ativo coexiste com a curiosa dualidade, arcando com o temperamento de tal entidade. Por outro lado, para o detentor de uma opção, a volatilidade ostenta natureza distinta. A opção de compra, por exemplo, é favorecida pela oscilação positiva no preço do ativo e – caso haja queda – o investidor está protegido, visto que perderá apenas o prêmio. A opção de venda atura a consequência oposta, apreendida de maneira pusilânime pelo danoso aumento e sendo favorecida pelo decréscimo de valor no ativo subjacente. A volatilidade é, pois, de forma peculiar, fomentadora de valorização em toda modalidade de opção. No que tange essa situação, uma explicação probabilística é que “o titular de uma opção de compra recebe resultados provenientes da cauda positiva da distribuição da probabilidade.” (ROSS, WESTERFIELD, JAFFE, 2008, p. 485).

Por ventura do pagamento de dividendos, o preço do ativo é abatido, entretanto a seqüela é experimentada em data antecedente ao da liberação. As opções de compra são, portanto, desvalorizadas e, por outro lado, as opções de venda usufruem aumento no valor. A expectativa de dividendos é agente no apreçamento, de maneira, afirma Hull (2004), proporcional ao volume da liberação. No que tange à data de maturação, sabe-se que as opções americanas são valorizadas pelo deferimento do episódio, visto como a longevidade do instrumento abastece número superior de oportunidades de exercício. No caso das europeias, a afirmação antecedente não é verdadeira, portanto a influência é desconhecida, dependendo de fatores múltiplos. Na visão de Black & Scholes (1973), o valor da opção é idêntico ao do ativo subjacente, caso o prazo de maturação se torne imensamente longínquo. No cenário oposto, o valor da opção iguala a diferença entre o preço do ativo e o do exercício ou, caso o embate seja negativo, nulo. Habitualmente, o valor é, na medida que se aproxima da data de vencimento, o alvo de desvalorização. Para síntese do discutido, ver tabela IV.

Variável	Opção de compra		Opção de venda	
	Europeia	Americana	Europeia	Americana
Valor atual da ação	+	+	-	-
Preço de exercício	-	-	+	+
Tempo para a maturação	?	+	?	+
Taxa de juros	+	+	-	-
Volatilidade	+	+	+	+
Dividendos	-	-	+	+

Tabela IV: Impactos de variáveis no preço de uma opção.

(HULL, 2004, p.168)

⁹ Na tabela, o sinal positivo denuncia uma correção positiva entre a variável e a modalidade de opção. Por outro lado, o sinal negativo indica uma correlação negativa e o ponto de interrogação representa a incerteza.

As propriedades universais de apreçamento de opções são preciosas, uma vez que nos auxiliam na compreensão – ora de maneira intrincada, ora de maneira intuitiva – do comportamento dos preços de tais instrumentos financeiros. A seguir, a figura X é o representativo do efeito conjunto da variação da volatilidade, do preço do ativo nocional, e do prazo de maturação, no que tange o apreço de opção. As curvas “T₁”, “T₂” e a “T₃” representam opções com consecutivas menores datas de vencimento. A reta “A” simula o teto superior cabível para o preço do instrumento financeiro, que, naturalmente, não é capaz de cobrir o do ativo. Enquanto isso, a reta B é a personificação do limite inferior, prevenindo contra o episódio de um preço negativo ou inferior a diferença entre o valor de exercício e o do ativo. Nesse contexto, Hull (2004) afirma que a desconsideração de tais limites acarreta na oportunidade de arbitragem. Conforme Black-Scholes (1973), o coeficiente angular das curvas intermediárias e a concavidade para cima são indicativos da volatilidade das opções, denunciando a maior sensibilidade frente ao preço do ativo-objeto subjacente em questão.

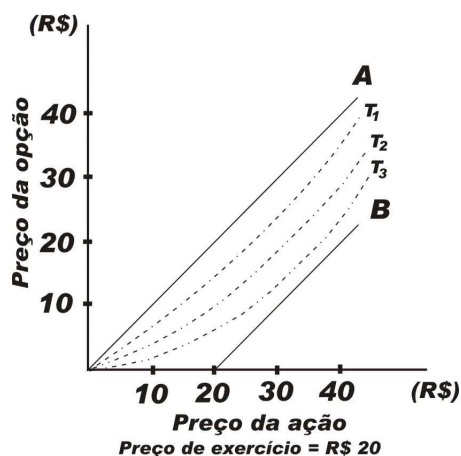


Figura X: Preço de opção versus ação subjacente.

(BLACK, SCHOLLES, 1973)

3.1.2 *Fórmula da Paridade*

No mercado financeiro, o arbitrador é um legítimo paladino da eficiência, já que – ao explorar as eventuais anomalias e acomodações morosas dos preços – combate o desequilíbrio do aparelho, provendo o bom funcionamento. Como já mostrado, a prática possibilita uma abordagem ímpar de avaliação de ativos financeiros, o que, no caso do mercado de opções, culmina na fórmula da paridade entre opções de compra e venda europeias. A equação é implicação direta da lei de preço único, cuja existência é devida ao princípio da não-arbitragem e que dispõe que, caso dois instrumentos financeiros se comportem de maneira idêntica, eles possuem o mesmo preço. O desequilíbrio entre os preços de tais ativos análogos invocaria a ação dos arbitradores, que consertariam, de modo fulminante, o disparate. O preceito é óbvio, contudo, como bem veremos, é o alicerce para a poderosa e interessante fórmula da paridade.

O mérito principal da equação da paridade é a edificação de um elo irrefragável entre o preço de duas opções. Assim sendo, o valor de uma opção de compra é função da opção de venda – e vice-versa, o que permite a apuração do preço de um ativo caso se possua o de outro. Contudo, cabe trazer à baila que o apreçamento em si não é uma preocupação da fórmula da paridade, que se omite frente ao tópico e o que, de certo, limitou a aplicabilidade da equação até o surgimento do modelo de Black-Scholes. Para a aplicação correta da paridade, as opções precisam ser europeias, de modo a coibir o exercício prematuro do direito de vender, e devem deter o mesmo preço de exercício e a mesma data de maturação, o que garante o comportamento similar. Por intermédio da paridade, infere-se que tais ativos seriam intercambiáveis na construção de carteiras de investimento, bem como são detentores de volatilidades idênticas.

Comumente, tal propriedade de paridade é mais bem elucidada à luz do estudo de duas estratégias de investimento, que ilustram, de forma intuitiva, o fenômeno. Tal exemplo vindouro, cabe avisar, está resignado às restrições explanadas no parágrafo precedente e, portanto, apenas é válido frente às limitações do modelo. Constrói-se, em instância inicial, uma carteira composta pela compra de determinado ativo pelo valor “S” e pela aquisição de opção de venda, posseira do preço de exercício “E” e prêmio “P”. O valor da estratégia, na data de vencimento, é igual ao valor superior entre o hodierno do ativo e o do preço de exercício da opção. A declaração anterior é verdadeira, já que, se “S” for inferior a “E”, o investidor exercerá o direito de venda, abischoitando o preço de exercício. Caso contrário, tal episódio não ocorrerá, o que equipará o valor da carteira ao competente do ativo e desvalorizará a opção.

A estratégia ulterior é o engenho de uma carteira de investimento, formada pela aquisição de uma opção de compra e de uma aplicação na renda fixa. O item primeiro é detentor de um preço de exercício “E”, como o da estratégia prévia, e de um prêmio igual a “C”. Por sua vez, o numerário da aplicação é idêntico ao valor “E”, descontado, de maneira contínua, ao valor presente. Na data de vencimento, caso “S” seja superior a “E”, a opção é exercida e, portanto, o investidor embolsa “S”. Caso contrário, o evento de exercício não acontecerá e o valor da estratégia será “E”, produzido pela aplicação. Portanto, na conclusão do prazo de maturação, as estratégias são equivalentes, o que denuncia a existência da paridade. Se a premissa anterior é incorreta, há espaço para a prática de arbitragem, o que é uma hipótese refutada. O resultado é a (equação 2).

$$S + P = C + E \cdot e^{-r \cdot t} \quad (\text{equação 2})$$

3.2 Modelos de apreçamento de opções

3.2.1 Modelo de Black-Scholes

Em 1973, a apresentação do modelo de Black-Scholes revolucionou o mercado mundial de opções e corroborou para o progresso da área de finanças, estabelecendo a plataforma capital para o avanço das teorias de precificação de opções. Fischer Black e Myron Scholes articularam as noções basilares do futuro modelo em um precioso artigo da época, cujas deliberações foram, posteriormente, expandidas e aperfeiçoadas pelo economista Robert Merton e, em anos vindouros, por múltiplos estudiosos. Em 1997, o Prêmio de Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel galardoou a contribuição de Scholes e de Merton, laureando-os por conta da concepção de um novo método de determinação do valor de derivativos. Fischer Black, por sua vez, apenas abischoitou um título de colaborador, devido ao seu falecimento em 1995.

Hodiernamente, o modelo de Black-Scholes é o instrumento capital do mercado de opções, articulando o apreçamento coerente de opções e, portanto, assentando uma plataforma segura para a edificação de uma miríade de soluções para os investidores, o que, de acordo com Cox e Rubinstein apud Silva (1999), inclui a construção da carteira ótima de investimento ou a investigação do risco de determinado ativo. Anteriormente, a montagem da fórmula de Black-Scholes era uma empreitada árdua, a qual requeria um empenho atlântico. Nada obstante, de acordo com Figueiredo (2006), a disseminação e a ascensão da microinformática e dos utensílios de processamento de dados, tais como a planilha eletrônica, culminaram no amplo uso do modelo, intensificando e estimulando a aplicação dos preceitos básicos da fórmula.

O ponto de partida do modelo Black-Scholes é a fé de que “se as opções estão apreçadas de forma correta no mercado, não é possível incorrer em lucros desprovidos de risco por meio da manipulação de carteiras de opções e de suas ações subjacentes” (BLACK; SCHOLES, 1973, p. 637, tradução livre). Através do princípio acima, obtém-se – no artigo original de Black & Scholes – uma fórmula teórica de apuração do preço de opções, cujo mérito principal é a real aplicabilidade no que concerne à determinação do preço de opções européias ou de americanas de compra.

Após concisa revisão teórica, Black & Scholes (1973) admitem que o modelo é, fundamentalmente, enraizado em condições quiméricas, contudo, ao invés das técnicas existentes na época, não é dependente de variáveis desconhecidas. Nessa esfera, uma hipótese principal é a de que o comportamento do preço do ativo subjacente segue uma distribuição log-normal, que, segundo Figueiredo (2006), denota que o logaritmo natural da variável é normalmente distribuído. No campo da probabilidade, um artefato variável, se dotado de oscilação imprevisível de valor, é compreendido pelo processo estocástico e, em característico, o preço das ações, explica Hull (2004), podem ser estudados sob a perspectiva mencionada, através de abordagem de variável contínua e tempo contínuo. Ainda conforme Hull (2004), o entendimento do procedimento aludido é requisito básico para o desenvolvimento dos métodos de apreçamento, em especial é importante para a plena compreensão da hipótese em debate. Nesse contexto, a cadeia de Markov é uma metodologia probabilística que reside no núcleo da discussão, pois que ela é precursora de outras tecnologias intrincadas pertinentes à hipótese. Em extrato, a cadeia de Markov, segundo Hull (2004), é um procedimento de prognóstico do momento póstumo, pautado não nos preços históricos de determinada variável, mas no valor hodierno. Essa noção, como veremos, sobrevive nos modelos de apreçamento de opções.

Partindo da cadeia de Markov, o argumento matemático é desenvolvido através da metodologia correlacionada do processo de Wiener (*Brownian Motion*) e dos estudos do matemático japonês Itô, conspirando para o aprofundamento da compreensão sobre o comportamento estocástico de determinada variável e, sobretudo, para a composição da fórmula de Black-Scholes. Hull (2004) adita que o processo estocástico de uma ação é, comumente, governado pelo *Brownian Motion* geométrico, implicando que o retorno é distribuído normalmente ao longo de períodos curtos e que cada advento de rendimento é independente dos outros. Para o modelo de Black-Scholes, as repercussões basilares dessa conclusão estão na fidúcia que as cotações futuras possíveis do ativo subjacente podem ser compreendidas através da distribuição log-normal. Essa última é importante, visto como é suporte teórico em múltiplas etapas da demonstração da fórmula.

Black & Scholes (1973) estipulam que a taxa de juros desprovida de risco deve, para a aplicabilidade do modelo original, ser conhecida e constante. De maneira similar, a opção ponderada deve pertencer à modalidade européia ou americana de compra, de modo a censurar o exercício prematuro do direito. Segundo Black & Scholes (1973), um outro pressuposto importante é a inexistência de custos de transação ou de taxas, tanto na negociação do ativo-objeto subjacente quanto na da própria opção. Em tal momento, fica estabelecido também que os ativos transacionados devem ser posseiros de perfeita divisibilidade, consentindo pronto manejo de qualquer fração dessas entidades para fins como a compra ou a retenção prolongada. Ainda nessa conjuntura, outra hipótese basal do modelo de Black-Scholes é a permissão da venda imediata. Por acabamento, a ação subjacente não perpetra pagamento de dividendo, pelo menos não durante a existência da opção correlata. Hull (2004) comenta que algumas dessas pressuposições, hoje, são obstáculos passados, visto como foram superados por estudos vindouros.

Conforme Hull (2004), o modelo de Black-Scholes é possuidor de uma equação diferencial que é responsável pelo comando do preço de todo derivativo atrelado a uma ação desprovida de pagamento de dividendo. Essa equação governante é apresentada, no meio acadêmico, como produto da edificação de certa carteira desprovida de risco, a qual é composta pela ação subjacente e a opção correlata. Hull (2004) nos garante que, devido ao compartilhamento da fonte de incerteza por ambos ativos, o empreendimento é episódio possível, arquitetando posição temporariamente despojada de risco e guiada pela taxa de juros livre de risco da economia. O cenário mencionado é apenas plausível graças ao argumento da não-arbitragem e a equação diferencial é desenvolvida através dos fundamentos do *Brownian Motion*, aplicados no âmbito das opções.

No que concerne à equação diferencial, o posicionamento do investidor frente o risco é um predicado pouco relevante, porquanto o comportamento deste não influencia variável alguma da fórmula mencionada. Conseqüentemente, o apreçamento de opções é, especialmente no modelo de Black-Scholes, impassível às predileções subjetivas dos agentes econômicos, os quais, portanto, são neutros ao risco. Conforme Hull (2004), tal argumento compõe o procedimento de avaliação neutra a risco, que “é, sem dúvida, um dos mais importantes instrumentos para a análise dos derivativos” (HULL, 2004, p. 244, tradução livre). Em compêndio, trata-se de um fundamento artificial, que nos permite o desconto de valores por meio da taxa de juros livre de risco, porque os investidores não exigem remuneração suplementar devido ao estado de incerteza do desempenho futuro de determinado ativo. O procedimento é, portanto, uma simplificação, mas que pode ser estendida ao mundo real para o apreçamento de opções. “A equação de Black-Scholes pode ser (...) auferida através da equação diferencial ou mediante a hipótese do mundo neutro ao risco” (HULL, 2004, p. 257, tradução livre).

Mediante o raciocínio prévio, as equações 3, 4, 5 e 6 são deduzidas. Essas são os alicerces do modelo de Black-Scholes. Os caracteres “c” e “p” ilustram a importância presente de determinada opção de compra e de venda, respectivamente. Tais variáveis estão registradas em função do preço de exercício “E”, da cotação presente do ativo “S” e da base dos logaritmos naturais “e”, a qual, em comunhão com o período transcorrido “t” e a taxa de juros livre de risco da economia “r”, é usada para o desconto do resultado para o momento presente, em abordagem contínua. Figueiredo (2006) nos apostila que a probabilidade cumulativa é calculada para certa variável normal padronizada, o que é, na notação, retratado pela função “N” e, em suma, é uma investigação sobre o plausível valor terminal da opção. Na (equação 3) e na (equação 4), ao lado da cotação do ativo, é relegado à função de expressar o benefício esperado pela aquisição do ativo-objeto subjacente, enquanto que o restante interpreta o valor do preço de exercício na data de vencimento.

$$c = S \cdot N(d_1) - E \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2) \quad (\text{equação 3})$$

$$p = E \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(-d_2) - S \cdot N(-d_1) \quad (\text{equação 4})$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} \quad (\text{equação 5})$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r - \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t} \quad (\text{equação 6})$$

No modelo de Black-Scholes, Hull (2004) garante que a volatilidade é explicada como sendo o desvio padrão do rendimento proveniente de determinada ação, ao longo de um ano e expresso em tempo contínuo. Para estimar a volatilidade, uma abordagem apropriada é a empírica, baseada na observação da evolução do preço da ação durante estipulado intervalo de tempo. Para cada período pré-estabelecido, coleta-se amostra, a qual é composta pelos os valores terminal (ou iniciais) de cada trecho. De posse desse conjunto de dados, calcula-se o logaritmo natural da razão entre os valores observados em instantes subseqüentes, pois a volatilidade é o desvio padrão da conjuntura dividida pela raiz quadrada da quantidade plena de dias operados anualmente pela bolsa. Outro método é o da volatilidade implícita, que é deduzida diretamente do mercado. Os atores econômicos, em tal modalidade, monitoram a bolsa, com a finalidade de identificar uma transação paralela que sirva como molde para a sensibilidade de determinada ação. De acordo com Hull (2004), na prática, os investidores preferem o derradeiro método.

De fato, a volatilidade é problemática especial, já que “é um parâmetro que não pode ser diretamente observado” (HULL, 2004, p. 250). Hodiernamente, nada obstante, os investidores estão bem equipados para a empreitada, devido ao surgimento de ainda mais elaborados métodos, como o EWMA, o ARCH e o GARCH. Inclusive, o modelo de Black-Scholes é alvo de expressivo progresso, no sentido de proliferação de numerosos métodos que o acomodam para o apreçamento de opções dotadas de natureza diversa, derrubando ou adaptando diversas hipóteses originais da metodologia. Como explicado por Figueiredo (2006), o método primitivo pode ser generalizado a outras circunstâncias como o demonstrado por Garman & Kohlhagen, que o modifica para a contemplação de opções de moedas. Nesse contexto, é pertinente mencionar os esforços de Merton e de Black, que, respectivamente, examinaram as opções com dividendos e as de futuros.

3.2.2 *Simulação de Monte Carlo*

O ativo-objeto subjacente é possuidor de fina sintonia para junto com o contrato de opções e, destarte, um passo primordial para o apreçamento é o entendimento cabal das minúcias dessa relação. Em particular, um tópico fundamental é a compreensão do maneirismo inerente à evolução do preço do ativo. De acordo com Duarte Júnior (1997), o modelo de Black-Scholes ultrapassa o obstáculo aludido por intermédio dos preceitos estocásticos, que analisam o desempenho do ativo de modo adequado. Porém, existem outros métodos apropriados para a consecução da tarefa e, em específico, um digno de nota é a técnica de simulação. O matemático polonês Stanislaw Ulam é o precursor das disposições chaves do modelo, todavia, só quarenta anos depois, a ferramenta, através dos esforços de Phelim Boyle, seria adaptada para o mercado de liquidação futura.

Hodiernamente, leciona Duarte (1997), a simulação Monte Carlo, assim como o modelo binomial, são espécimes notórios do emprego bem-sucedido da técnica para a problemática do apreçamento racional de opções. Essa primeira, em específico, ostenta crescente popularidade nos círculos empresariais, agindo em prol do gerenciamento de risco, da estruturação ótima de carteiras de investimento, entre outros. Naturalmente, as disposições da simulação Monte Carlo são, especialmente, proveitosas para a análise e a formulação de decisões frente cenários vindouros desconhecidos, no que concerne o mercado de opções. Nas últimas décadas, o advento dos computadores viabilizou certo vigoroso desenvolvimento nas técnicas de simulação da realidade, bem como na feitura de prognósticos. Entre os beneficiados, consta a simulação Monte Carlo, visto que essa metodologia é pautada na compilação e no processamento de dados, originários de um inquérito acerca dos múltiplos acontecimentos futuros potenciais.

Basicamente, o conceito fundamental da simulação Monte Carlo é o alcance de uma solução presumível para determinado problema por meio da gênese de numerosos resultados potenciais e posterior tratamento probabilístico da amostra adquirida. Afirma-se, nas doutrinas da probabilidade, que o pensamento anterior é válido, uma vez que “o valor médio de um número muito grande dessas realizações \ soluções fornece o valor correto para a quantidade de interesse” (DUARTE JÚNIOR, 1997, p. 53). Nas opções, o procedimento é acomodado para o apreçamento de diversas modalidades, entretanto, o presente estudo limitar-se-á a análise das circunstâncias próprias da estirpe européia, a fim de evitar uma narrativa completa, todavia enfadonha. A simulação Monte Carlo está, de modo irrefragável, atrelada à hipótese do mundo neutro ao risco, que, em epítome, é suporte teórico comum ao modelo de Black-Scholes e ao binomial. A figura XI revela os procedimentos da feitura da simulação, que serão investigados posteriormente.



Figura XI: Procedimentos da simulação Monte Carlo

(DUARTE JÚNIOR, 1973, p. 53)¹⁰

¹⁰ Adaptação livre.

No que tange à simulação Monte Carlo, a fase inicial do apreçamento da opção examinada é a geração de múltiplas alternativas presumíveis para o valor derradeiro do de variáveis governantes do preço mencionado. Curiosamente, o raciocínio pertinente à consecução dessa empreitada remonta ao modelo de Black-Scholes, onde descoberta-se uma equação diferencial estocástica representante do desenvolvimento esperado do preço de determinado ativo-objeto subjacente.¹¹ Segundo Duarte (1997), antes de tudo, é imperioso conformar a fórmula à abordagem probabilística discreta, que é adequada a metodologia de múltiplos períodos da simulação Monte Carlo. Através do procedimento, é possível abiscoitar a subsequente (equação 7).

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-\Delta t}}\right) = \left(u - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \sqrt{\Delta t} \cdot Z \quad (\text{equação 7})$$

Na equação acima, o “S” é a cotação do ativo-objeto subjacente, enquanto que a letra grega sigma é representativa da volatilidade e a arábica “u” é uma notação a que ilustra a tendência instantânea. No episódio de apreçamento de opções, por exemplo, o último elemento é a taxa de juro apropriada. Por sua vez, a designação temporal, que é, conforme tradição, evidenciada pela letra grega delta acompanhada de “t”, denuncia um intervalo de período. Por fim, a letra “Z” é variável, dotada de distribuição normal padrão e que, portanto, é o centro das alternativas vindouras possíveis. De acordo com Duarte (1997), através da equação, é possível simular a evolução do preço do ativo subjacente por período determinado por intermédio de múltiplas iterações. Posteriormente, arruma-se a notação, de forma a dotá-la de aspecto mais tradicional (ver equação 8).

¹¹ O tópico já foi elucidado pela presente monografia.

$$S_i = S_{i-1} \cdot e^{\left(\left(u - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \sqrt{\Delta t} \cdot Z \right)} \quad (\text{equação 8})$$

O passo subsequente é a simulação em si. Por meio dela, têm-se uma seleção de valores candidatos para o preço do ativo-objeto subjacente na data de vencimento, o que é empregado para o cálculo dos valores admissíveis para a opção. Para tanto, faz-se subtração dos valores obtidos através do modelo pelo preço de exercício, posto que a simulação calcula a alteração esperada na cotação ao longo do período determinado. Em seguida, a etapa terceira é o cálculo da média aritmética dos valores admissíveis da opção, descontando-os também para o presente. Através de procedimento, o investidor é premiado por um valor teórico racional para o derivativo.

De acordo com Duarte (1997), a simulação Monte Carlo é tecnologia potente e, concomitantemente, é repleta de procedimentos extremamente demandantes, do ponto de vista computacional. Destarte, é fortemente recomendado à utilização de técnicas de simplificação, em particular: os métodos de redução de variação e / ou as voltadas para a geração de números aleatórios. O basilar exemplo da primeira categoria é o *Antithetic Variate Technique* (AVT). Em primeira instância, o artifício nos convida a estipulação de um perímetro admissível para o desvio padrão do preço da opção a ser estimado. Após, simplesmente, calcula-se o tamanho ótimo da amostra para a obtenção da precisão que foi estabelecida. Chance (2008) afiança que, por conta da distribuição normal padrão da variável aleatória, a amostra pode ser facilmente duplicada com a adição dos valores de sinal antagônico aos coletados. Ou seja, é válido o aditamento artificial das contrapartes negativas dos valores positivos, devido às qualidades do arquétipo probabilístico.

Duarte (1997) arremata o assunto, tutelando que essas tecnologias de redução de variância são bastante valiosas para a simulação Monte Carlo, pois promovem abate substancial do tamanho da amostra. A geração de números aleatórios é, como afirmado anteriormente, outro importante tópico de debate. Hoje, até mesmo a planilha eletrônica ordinária é dotada de instrumentos para a criação de uma amostra aleatória apropriada, que é ajustada através de funções automáticas. No que tange a simulação Monte Carlo, Chance (2008) apostila que, em detrimento de aplicar funções automáticas, o somatório de doze números aleatórios – distribuídos uniformemente entre 0 e 1 – e a subtração do resultado da soma por seis é um método alternativo de obtenção do fator aleatório para a execução da simulação. Ambos métodos produzem resultados análogos, dotados das características probabilísticas requeridas pela teoria.

De acordo com Chance (2008), o desvio padrão da opção é calculado por meio da divisão daquele da amostra pela raiz quadrada do tamanho da mesma. Deste modo, a convenção probabilística mencionada decresce em uma proporção pusilânime, devido à presença da raiz quadrada. De certo, a fórmula (9) é somente verdadeira no episódio (10), o que denota que, para o aumento de 50% na precisão, é necessário quadruplicar a imensidão da amostra. Em seguida, a letra grega é o desvio e “n” é o tamanho. Essas noções são matematicamente expostas como na (equação 9) e na (equação 10).

$$\left(\frac{1}{2}\right)\frac{\sigma}{\sqrt{n_1}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n_2}} \quad (\text{equação 9})$$

$$n_2 = 4 \cdot n_1 \quad (\text{equação 10})$$

3.2.3 Modelo Binomial

No apreçamento de opções, outro modelo de simulação é a construção de uma árvore binomial, que é um microcosmo dos caminhos aceitáveis que estão disponíveis ao preço do ativo-objeto subjacente ao longo da vida da opção correspondente. Através de Hull (2004), fica estabelecido que a metodologia é útil e bastante popular. Figueiredo (2006) completa a afirmativa antecedente, porquanto esclarece que, na perspectiva dos agentes econômicos, o modelo binomial é importante, mormente, para o apreçamento de opções americanas. Essas últimas estão além da competência de Black-Scholes, no que tange às opções de venda. Na visão de Hull (2004), o argumento da metodologia é elegante, visto que ela é estruturada na compreensão e no desdobramento de exclusiva premissa: a inexistência de oportunidade para a arbitragem.

Normalmente, o modelo binomial é explanado por intermédio do estudo de um cenário simplificado, onde apenas um período é contemplado. Na ocasião inicial, o ativo é dono de uma cotação conhecida, a qual, até a dia de vencimento, evolui para uma de duas alternativas mutuamente exclusivas. Sendo assim, existe a probabilidade de que a opção cresça, norteadas por determinado coeficiente de expansão. Por outro lado, existe também uma probabilidade complementar de que opção sofra um movimento de queda, liderado, analogamente, por certo coeficiente de contração. De posse do diagrama, faz-se contagem do valor da opção no vencimento de ambos cenários e, em seguida, acha-se o somatório do valor presente do cálculo antecedente. Conforme Hull (2004), não há, dessa maneira, incerteza em relação ao valor derradeiro do ativo na data de maturação, e, por raciocínio semelhante, é admissível a utilização da taxa de juro livre de risco para o desconto dos valores para o período atual. Tal raciocínio é ilustrado pela figura XII.

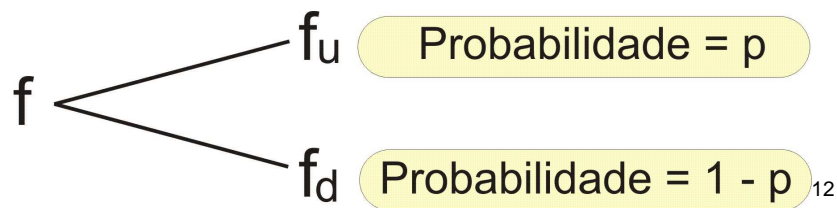


Figura XII: Árvore genérica de um passo.

(COX; ROSS; RUBINSTEIN; 1979, p. 233)

O argumento antecedente é válido, entretanto somente à luz da impossibilidade da arbitragem, e, na verdade, a equação é demonstrada por meio da edificação de uma carteira neutra a risco, composta por ações e por uma opção. Mediante malabarismo de ordem matemática, obtém-se a desenvoltura prontamente aplicável da (equação 11). O outro pressuposto basilar do modelo binomial é a existência do mundo neutro ao risco, onde “todos indivíduos são indiferentes ao risco. Assim, os investidores não demandam compensação devido à incerteza, e o rendimento esperado de qualquer ativo financeiro é calibrado pela taxa de juros privada de risco” (HULL, 2004, p. 204, tradução livre). É por intermédio da premissa precedente que a sociedade acadêmica pode compreender “p” como probabilidade e, mormente, a (equação 11) também é fruto da premissa, pois, conforme Hull (2004), ela nos permite descontar o retorno esperado pela a taxa de juros livre de risco com o propósito de descobrir o valor presente da opção. Ainda na visão de Hull (2004), o preço obtido pelo modelo é correto não apenas no mundo neutro ao risco, como também na realidade. O modelo também é expresso através da (equação 12).

$$f = e^{-r.t} [p \cdot f_u + (1 - p) f_d] \quad (\text{equação 11})$$

¹² Adaptação livre..

$$p = \frac{e^{r.t} - d}{u - d} \quad (\text{equação 12})$$

A árvore binomial é uma representação gráfica do tratado na (equação 11). O desconto incide de forma contínua, como indicado pela fórmula. Na notação, “r” é a taxa de juros livre de risco, “t” é o período estimado e “e” é a base neperiana. O preço atual da opção é figurado por “f”, sendo que “fu” e “fd” é o valor do ativo-objeto subjacente em evento de expansão ou contração, respectivamente. O caractere “u” ilustra o coeficiente multiplicativo do movimento de subida, à medida de que “d” é representante do episódio antagônico: a descida. Figueiredo (2006) nos ensina que, em contexto empírico, ambos valores são determinados através da volatilidade do preço da ação, como apontado na (equação 13) e (equação 14). O complexo raciocínio matemático da relação é aclarado por Ross, Cox e Rubinstein, no artigo fundador do modelo em 1979. Cabe afirmar que a variável é freqüentemente representada no ambiente acadêmico (e no presente estudo) pela letra grega intitulada de sigma. Por remate, a probabilidade é evidenciada como “p” e, naturalmente, ela é complementada pelo evento oposto, que assume a notação de “1 – p”, como estabelece o bom-senso probabilístico.

$$u = e^{\sigma.\sqrt{t}} \quad (\text{equação 13})$$

$$d = e^{-\sigma.\sqrt{t}} \quad (\text{equação 14})$$

Conforme Hull (2004), a análise precedente é simpática à expansão, no sentido de possibilitar a construção de uma árvore binomial de múltiplos passos por intermédio da reprodução dos argumentos apresentados. Na abordagem, como tracejado na figura subsequente, formam-se nódulos intermediários, representantes dos preços do ativo ao acabamento do primeiro período, e nódulos terminais que assinalam o cenário existente por advento da data de vencimento. No apreçamento de opções europeias, é imperioso somente o cálculo do valor terminal, pois esses instrumentos só são exercitáveis após a consumação do prazo de maturação. Por outro lado, nas opções americanas, doutrina-se que o “procedimento adequado é a inquirição de cada momento da árvore, apurando o valor em todo nódulo, de modo a detectar alternativas ótimas de exercício prematuro.” (HULL, 2004, p. 209). Sendo assim, a idéia é comparar o valor proveniente da equação com aquele abiscotado pelo exercício antecipado, mantendo o que se mostrar superior para o cálculo do valor presente da opção. A análise em múltiplos passos está ilustrada na posterior figura XIII.

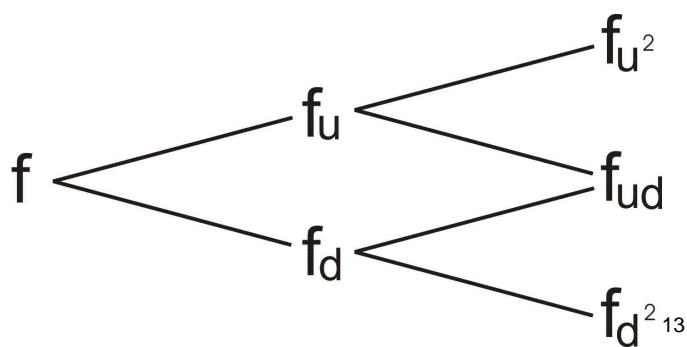


Figura XIII: Árvore genérica de dois passos.
(COX; ROSS; RUBINSTEIN; 1979, p. 237)

¹³ Adaptação livre.

4 METODOLOGIA

Doravante, o enfoque da presente monografia é modificado. Após a recordação teórica precedente, torna-se oportuno à execução de investigação empírica, de maneira a experimentar e a aplicar os conceitos de apreçamento previamente tratados. O passo inicial é a seleção de derivativos cobaias no menu da BM&FBOVESPA e, nesse âmbito, o trabalho escolherá as duas opções mais negociadas da bolsa, no que tange o volume financeiro movimento em âmbito cotidiano. Ademais, as opções serão, seguramente, da modalidade financeira e possuirão uma ação como ativo-objeto subjacente. Por remate, o estudo também contemplará, além das duas opções aludidas, mais quatro, de modo a compor análise por diferentes preços de exercício, inclusive valores *out-of-the-money* e *in-the-money*. Tais informações serão coletadas em único dia: 11 de setembro de 2009 (valores de fechamento). Por meio delas, calcular-se-á o preço racional através dos três modelos de apreçamento que foram estudados na etapa teórica.

Para exame empírico, usar-se-á cinco volatilidades, aonde uma é implícita e as demais são históricas. As derradeiras serão calculadas por meio do histórico da cotação do ativo subjacente adequado, procedente de serviço gratuito oferecido pelo sítio virtual da empresa Yahoo, como citado na bibliografia. A metodologia de cálculo é igual àquela exposta no capítulo de recordação conceitual, pautado na mutação da cotação ao longo de determinado período. A simulação Monte Carlo será praticada mediante computação de 5000 iterações, onde o elemento aleatório de cada uma é formado pelo somatório de doze outros subtraídos pelo número seis. Esse ajuste é explicado no capítulo teórico. O modelo binominal empregará apenas um passo, enquanto que o de Black-Scholes não sofrerá modificações, atendo-se às disposições da equação original.

5 APURAÇÃO DE RESULTADO

Em 11 de setembro de 2009, de acordo com o pregão online conservado pela a BM&FBOVESPA, as cinco opções mais negociadas eram a da Vale e da Petrobrás, que obram, respectivamente, sob as ações VALE5 e PETR4. As opções do gráfico possuem uma data de vencimento comum: a terceira segunda-feira do mês de setembro de 2009 (vinte e um de setembro de 2009). Em conjunto, as duas opções da Vale mobilizaram o montante de R\$ 68.473,19 em milhares de reais, respondendo por 40,39% do mercado. À medida que as da Petrobrás, movimentaram R\$ 52.514,90 em milhares de reais, que corresponde a 30,97% do total do mercado. As opções são de compra e a distinção é o preço de exercício, onde constam valores *in-the-money* e *out-of-the-money*. A cotação do ativo subjacente era de R\$ 34,15 para a VALE5 e de R\$ 33,14 para a PETR4. Assim sendo, para a Petrobrás, arrecadamos uma opção *out-of-the-money* (PETRI34) e outras duas opções *in-the-money* (PETRI32 e PETRI30). No caso da Vale, apenas possuímos duas opções *in-the-money* (VALEI32 e VALEI34). Destarte, com o intuito de estudar um exemplo de *out-of-the-money*, adicionaremos a VALEI36, a despeito de ela não constar entre as mais negociadas do dia mencionado. A tabela V sintetiza tais dados.

Mercado de Opção				
Ativo-objeto	Volume (mil R\$)	Preço de exercício (R\$)	Vencimento	Participação (%)
OPC Vale PNA	R\$ 46.482,47	R\$ 34,00	21/09/09	27,42%
OPC Petrobrás PN	R\$ 34.903,30	R\$ 31,75	21/09/09	20,59%
OPC Vale PNA	R\$ 21.990,72	R\$ 31,48	21/09/09	12,97%
OPC Petrobrás PN	R\$ 11.256,56	R\$ 33,75	21/09/09	6,64%
OPC Petrobrás PN	R\$ 6.355,04	R\$ 29,75	21/09/09	3,74%

Tabela V: Mercado de opções em 11 de setembro de 2009.

(BM&FBOVESPA, 2009a)

Aliada com a predominante popularidade no mercado de opções, a Petrobrás e a Vale também são amplamente negociadas no mercado à vista, uma vez que as ações de tais corporações, em conjunto, respondem por um movimento de R\$ 763.347,54, em milhares de reais. Não obstante, as ações da Vale são as mais negociadas do mercado no dia observado seguidas proximamente pelas as da Petrobrás. Na segunda tabela, os objetos de estudo são apresentados formalmente, em reunião com os seus respectivos preços de exercício. A coluna terceira evidencia o prêmio efetuado no mercado, o que é fundamental para a consecução do restante do exame proposto. Para cada modelo, tais dados serão comparados com o resultado teórico do apreçamento, de jeito a abiscoitar o poder de explicação dos métodos discutidos. A quarta coluna delata a oscilação diária de cada opção, que, rapidamente, se aproxima da data de vencimento. A (tabela VI) e a (tabela VII) descrevem o discutido e expõem outros dados importantes.

Mercado à vista			
Ação	Volume (mil R\$)	Ação específica	Cotação do dia
Vale	R\$ 386.448,65	VALE5	34,15
Petrobrás	R\$ 376.898,89	PETR4	33,14

Tabela VI: Mercado à vista em 11 de setembro de 2009.

(BM&FBOVESPA, 2009a)

Objetos de estudo			
Opção	Preço de exercício	Prêmio	Oscilação diária
VALEI32	R\$ 31,48	R\$ 2,78	-9,44%
VALEI34	R\$ 34,00	R\$ 0,65	-27,77%
VALEI36	R\$ 36,00	R\$ 0,08	-46,66%
PETRI30	R\$ 29,75	R\$ 3,45	-5,47%
PETRI32	R\$ 31,75	R\$ 1,62	-8,47%
PETRI34	R\$ 33,75	R\$ 0,33	-23,25%

Tabela VII: Objetos de estudo em 11 de setembro de 2009.

(BM&FBOVESPA, 2009a)

A posterior (tabela VIII) requer explicações. Em primeira instância, é imperioso mencionar que todas volatilidades estão devidamente ajustadas para o tempo contínuo, assim como para temporada anual. Todas volatilidades históricas foram calculadas pelo próprio autor da presente monografia por intermédio da série histórica da cotação das ações subjacentes pertinentes, como mencionado no tópico de metodologia. Cada uma das volatilidades históricas da tabela antecedente assume um período diferente para as computações. A modalidade (4), no canto direito, é pautada na variação do preço desde janeiro de 2003, enquanto que o espécime (3), na coluna próxima, remonta a alteração sofrida de janeiro de 2009 até 11 de setembro de 2009. A volatilidade história (2) é uma que computou somente a metade das observações presentes em (3), estudando, assim sendo, período relativamente recente (85 observações). Por remate, a volatilidade (1) é aquela pertinente a apenas 30 observações. A volatilidade implícita foi deduzida através do modelo (em planilha eletrônica) de Black-Scholes tradicional, com base nos prêmios previamente observados no mercado (tabela VII). Estes valores foram apurados através de função pré-programada do utensílio eletrônico, que apontou a volatilidade apropriada para a correspondência perfeita com o mercado. Na prática, essa volatilidade implícita é calculada por métodos outros, que não serão contemplados no presente experimento.

Volatilidade					
Opção	Volatilidade implícita	Volatilidade histórica (1)	Volatilidade histórica (2)	Volatilidade histórica (3)	Volatilidade histórica (4)
VALEI32	38,82%				
VALEI34	27,80%	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%
VALEI36	29,73%				
PETRI30	31,51%				
PETRI32	35,91%	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%
PETRI34	29,88%				

Tabela VIII: Volatilidade dos objetos de estudo.

(YAHOO, 2009a) (YAHOO, 2009b)

Em 11 de setembro de 2009, faltavam cinco dias úteis para o dia de maturação das opções examinadas. Logo, se o intento é o cálculo do tempo contínuo, o arcabouço teórico nos doutrina que a solução pertinente é atingida por intermédio da divisão desse número pela quantidade total de dias úteis do ano (252), auferindo 0,01984127. Por fim, nos resta desvendar a taxa de desconto contínua para o exame empírico. Esta é melhor inferida mediante os contratos futuros da taxa de juro DI de um dia. No acabamento das operações da BM&FBOVESPA do dia 11 de setembro de 2009, o valor final do contrato estava em 99.540,93 preços unitários. Portanto, é racional deduzir que, do dia onze até a data trinta de setembro (encerramento do contrato de DI), está embutido uma taxa de 1,004611872 (100.000 divididos por 99.540,93). O próximo passo é ajustar o valor para o período de 5 dias úteis e, posteriormente, torná-lo anual e contínuo. Por intermédio de tais computações, o valor terminal encontrado é 0,096626662. De posse deste número, o presente trabalho já está munido de todos elementos necessários para a efetuação dos testes empíricos almejados. Estes resultados estão expostos na (tabela IX). Depois, a (tabela X), a (tabela XI), a (tabela XII) e a (tabela XIII) apresentam o resultado achado para o preço racional de cada opção em cada modelo e em cada volatilidade.

Dados básicos			
Vale		Petrobrás	
Variável	Valor	Variável	Valor
Cotação	R\$ 34,15	Cotação	R\$ 33,14
Taxa de desconto	0,096626662	Taxa de desconto	0,096626662
Tempo contínuo	0,01984127	Tempo contínuo	0,01984127
Volatilidade	(1), (2), (3) e (4)	Volatilidade	(1), (2), (3) e (4)
P. de exercício	Três espécimes	P. de exercício	Três espécimes

Tabela IX: Compêndio dos dados para apreçamento.

(confeção própria)

Prêmio racional (modelo de Black-Scholes)				
Opção / Volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%
VALEI32	2,43	2,75	2,81	2,94
VALEI34	0,56	0,75	0,95	1,21
VALEI36	0,03	0,12	0,25	0,45

Tabela X: Modelo de Black-Scholes: opções da Vale.

(confeção própria)

Prêmio racional (modelo de Black-Scholes)				
Opção / Volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%
PETRI30	3,45	3,45	3,45	3,86
PETRI32	1,49	1,54	1,61	2,44
PETRI34	0,21	0,3	0,43	1,41

Tabela XI: Modelo de Black-Scholes: opções da Petrobrás.

(confeção própria)

Prêmio racional (modelo binomial)				
Opção / Volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%
VALEI32	2,73	2,73	2,73	2,73
VALEI34	0,67	0,91	1,16	1,48
VALEI36	0	0	0,16	0,5

Tabela XII: Modelo binomial: opções da Vale.

(confeção própria)

Prêmio racional (modelo binomial)				
Opção / Volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%
PETRI30	3,45	3,45	3,45	3,71
PETRI32	1,45	1,45	1,56	2,76
PETRI34	0,25	0,38	0,55	1,81

Tabela XIII: Modelo binomial: opções da Petrobrás

(confeção própria)

Precedentemente, é divulgado o resultado do empreendimento empírico, o que, além da discriminação por ativo subjacente e por preço de exercício, expõe o efeito das variadas volatilidades estimadas através de dados históricos. Posteriormente, compara-se o resultado auferido com o preço de mercado, o que é perpetrado por um enxame de artifícios estatísticos. Antes de continuarmos, é oportuno lembrar que ambos modelos usados adotam o paradigma tradicional, ignorando a emissão de dividendos ou técnicas complexas de estimação de certas variáveis, e, assim, é cabível que haja lacuna entre o resultado obtido e o prático. Para cada intercessão entre uma volatilidade e uma opção, calcular-se-á o erro percentual. Esse último é adquirido por meio da subtração do preço do modelo pelo preço de mercado, dividindo, em seguida, o resultado da diferença pelo preço de mercado. Para cada coluna e linha, a mediana dos erros é informada. Esses resultados estão na (tabela XIV), na (tabela XV), na tabela (XVI) e na (tabela XVII).

Relação com o prêmio de mercado (modelo Black-Scholes) (%)					
Opção / volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%	MEDIANA
VALEI32	-0,13	-0,01	0,01	0,06	0,00
VALEI34	-0,14	0,15	0,46	0,86	0,31
VALEI36	-0,63	0,50	2,13	4,63	1,31
MEDIANA	-0,14	0,15	0,46	0,86	

Tabela XIV: Modelo Black-Sholes Vale: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

Relação com o prêmio de mercado (modelo Black-Scholes) (%)					
Opção / volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%	MEDIANA
PETRI30	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
PETRI32	-0,08	-0,05	-0,01	0,51	-0,03
PETRI34	-0,36	-0,09	0,30	3,27	0,11
MEDIANA	-0,08	-0,05	0,00	0,51	

Tabela XV: Modelo Black-Sholes Petrobrás: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

Relação com o prêmio de mercado (modelo binomial) (%)					
Opção / volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%	MEDIANA
VALEI32	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
VALEI34	0,03	0,40	0,78	1,28	0,59
VALEI36	-1,00	-1,00	1,00	5,25	0,00
MEDIANA	-0,02	-0,02	0,78	1,28	

Tabela XVI: Modelo binomial Vale: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

Relação com o prêmio de mercado (modelo binomial) (%)					
Opção / volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%	MEDIANA
PETRI30	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
PETRI32	-0,10	-0,10	-0,04	0,70	-0,07
PETRI34	-0,24	0,15	0,67	4,48	0,41
MEDIANA	-0,10	0,00	0,00	0,70	

Tabela XVII: Modelo binomial Petrobrás: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

No que concerne à simulação Monte Carlo, o estudo conduziu 5000 interações, onde cada uma concebe um destino presumível para a cotação de determinada ação e, conseqüentemente, sugere determinado valor para opção correlata. Ao término de 5000 observações, calculou-se a média desses preços obtidos, alcançando um apreçamento racional para opção examinada. Para cada situação, repetiu-se o procedimento relatado cinqüenta vezes, obtendo, dessa maneira, 50 candidatos para o cargo de valor racional. De posse dessa seleta amostra, perpetrou-se outra média simples e o resultado desta é eleita final e utilizável na feitura da (tabela XVIII), da (tabela XIX), da tabela (XXIV) e da (tabela XV). Este trabalho ainda acusa os 50 candidatos por intermédio da (tabela XX), da (tabela XXI), da (tabela XXII) e da tabela (XXIII).

Em cada observação, o desacordo do valor futuro é obra do elemento aleatório, que, no presente estudo, é personagem obtido por meio de planilha eletrônica ordinária. Existem numerosos tratamentos adequados para a gênese da amostra desses números aleatórios e, como mencionado, o trabalho escolheu aquele discutido por Chance, onde cada elemento aleatório é a soma de doze outros menos o número 6. A (tabela XVIII) e a (tabela XIX) expõe os resultados da simulação, cujo embate com o preço de mercado é o conteúdo da (tabela XXIV) e da (tabela XXV). Cabe assegurar que a metodologia usada é análoga àquela dos modelos anteriores. A (tabela XX), a (tabela XXI), a (tabela XXII) e também a (tabela XXIII) mostra o conjunto de cinqüenta resultados parciais para cada simulação para cada uma das opções, bem como para cada volatilidade, através de um gráfico de dispersão cronológica.

Prêmio racional (simulação Monte Carlo)				
Opção / Volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%
VALEI32	2,74	2,75	2,82	2,89
VALEI34	0,57	0,76	0,95	1,13
VALEI36	0,03	0,12	0,25	0,39

Tabela XVIII: Simulação Monte Carlo: opções da Vale.

(confeção própria)

Prêmio racional (simulação Monte Carlo)				
Opção / Volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%
PETRI30	3,45	3,45	3,45	3,85
PETRI32	1,49	1,54	1,62	2,46
PETRI34	0,21	0,31	0,43	1,42

Tabela XIX: Simulação Monte Carlo: opções da Petrobrás.

(confeção própria)

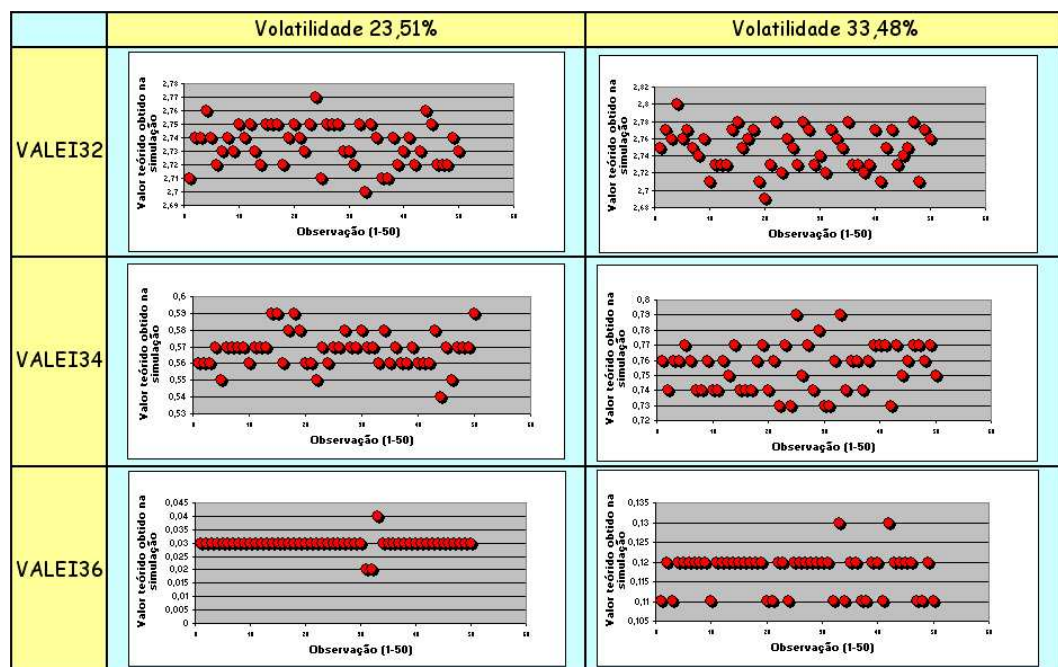


Tabela XX: Simulação Monte Carlo: 50 resultados (Vale) (parte 1),

(confeção própria)

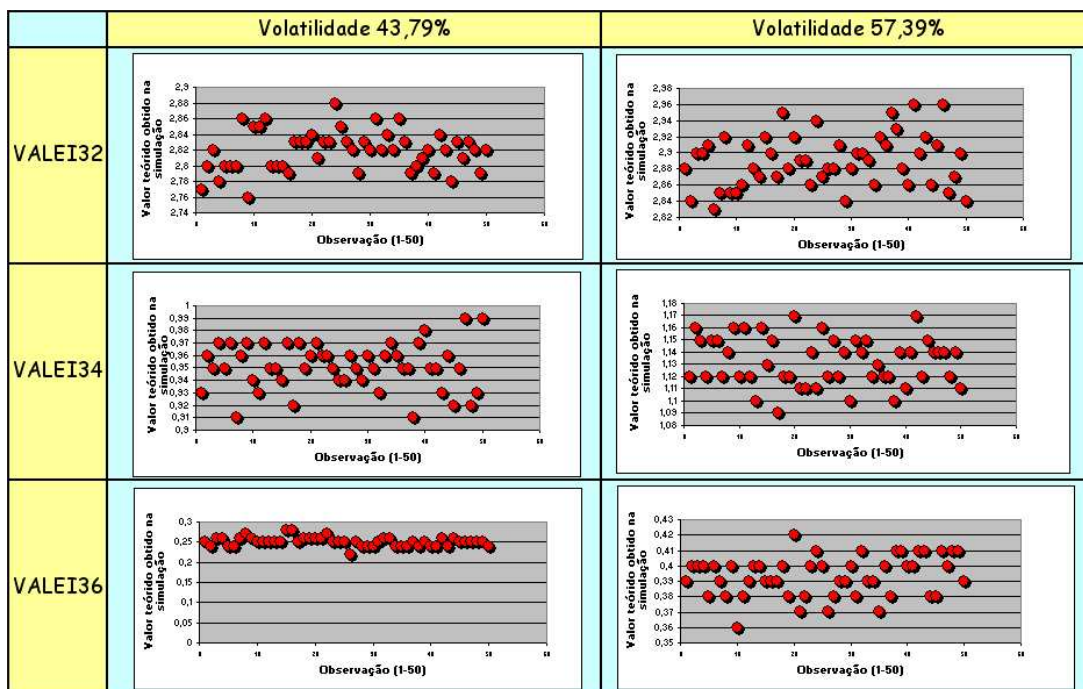


Tabela XXI: Simulação Monte Carlo: 50 resultados (Vale) (parte 2).

(confeção própria)

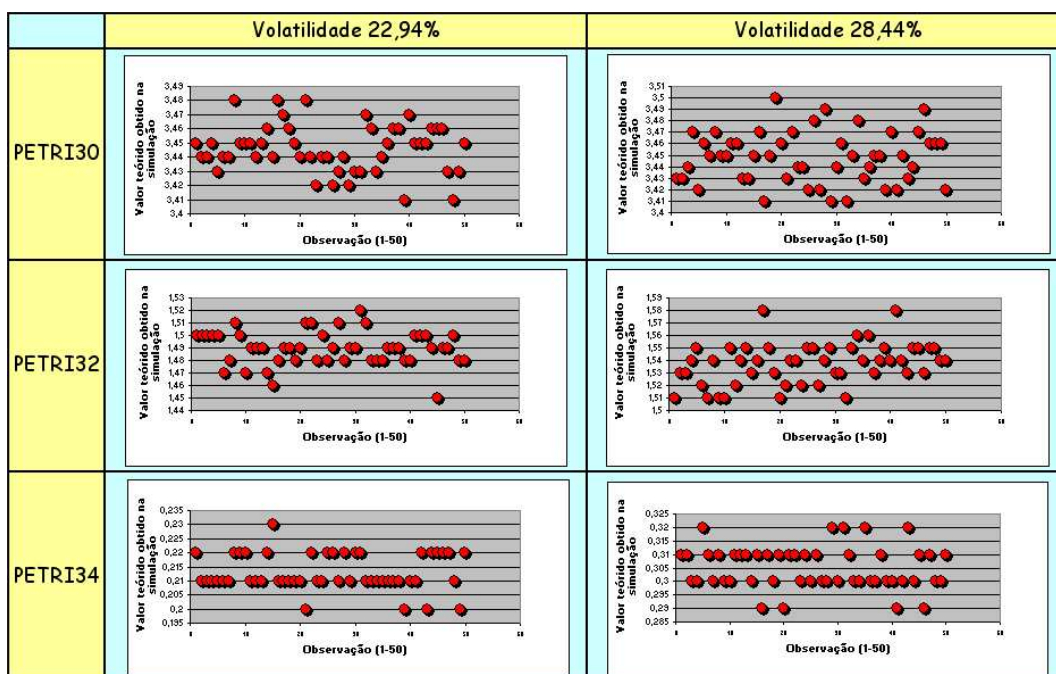


Tabela XXII: Simulação Monte Carlo: 50 resultados (Petrobrás) (parte 1).

(confeção própria)

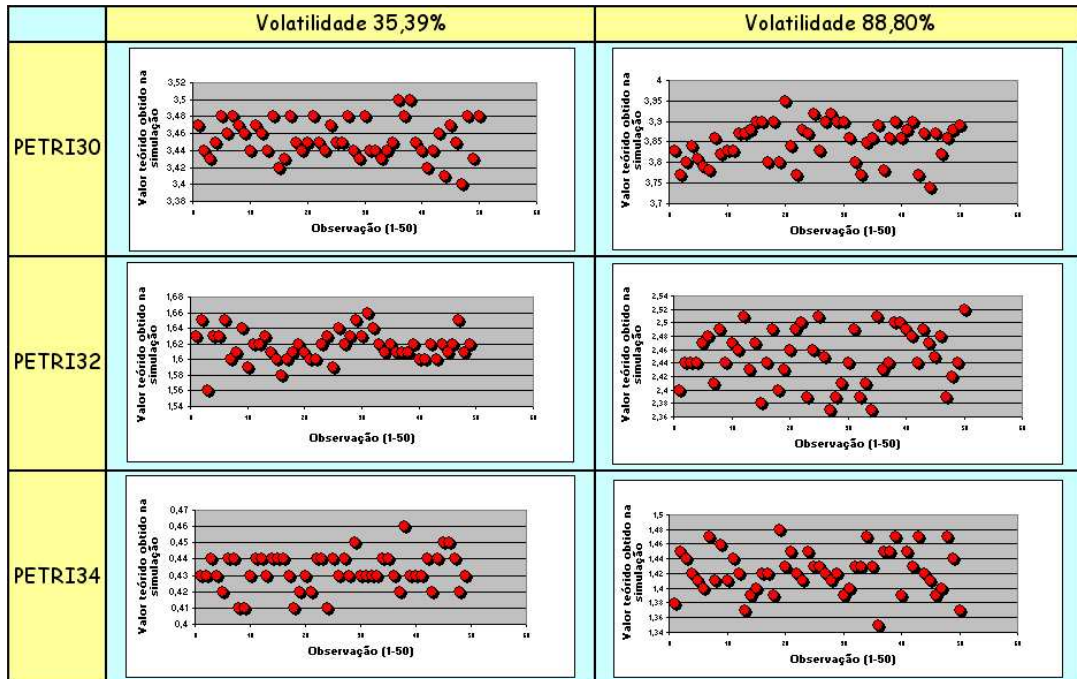


Tabela XXIII: Simulação Monte Carlo: 50 resultados (Petrobrás) (parte 2).

(confeção própria)

Relação com o prêmio de mercado (simulação Monte Carlo) (%)					
Opção / volatilidade	23,51%	33,48%	43,79%	57,39%	MEDIANA
VALEI32	-0,01	-0,01	0,01	0,04	0,00
VALEI34	-0,12	0,17	0,46	0,74	0,32
VALEI36	-0,63	0,50	2,13	3,88	1,31
MEDIANA	-0,12	0,17	0,46	0,74	

Tabela XXIV: Simulação Monte Carlo Vale: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

Relação com o prêmio de mercado (simulação Monte Carlo) (%)					
Opção / volatilidade	22,94%	28,44%	35,39%	88,80%	MEDIANA
PETRI30	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
PETRI32	-0,08	-0,05	0,00	0,52	-0,02
PETRI34	-0,36	-0,06	0,30	3,30	0,12
MEDIANA	-0,08	-0,05	0,00	0,52	

Tabela XXV: Simulação Monte Carlo Petrobrás: prêmio racional versus prêmio mercado.

(confeção própria)

6 CONCLUSÃO

Precedentemente, o exame empírico investigou o desempenho das tecnologias clássicas de apreçamento de opções, apreciando-as mediante numerosas volatilidades, um mutirão de preços de exercício e dois ativos subjacentes. Na verdade, o diagnóstico subsequente é compêndio de conclusões relativas, posto que são pautadas unicamente nos resultados abiscoitados e são confinadas às limitações do exame. Nesta esfera, um ruído manifesto é a simplificação dos modelos de apreçamento, que são despojados de qualquer ajuste na equação, atendo-se às disposições originais.

No que concerne à volatilidade, a magnitude da amostra detém uma correlação positiva com a agressividade da sensibilidade de determinada ação, o que aparenta ser produto da caducidade dos dados históricos remotos. Essa suspeita obtém um respaldo na análise empírica, onde, consistentemente, a volatilidade (4) é dona do pior resultado, quando comparada ao prêmio de mercado, em todos modelos. No caso da Petrobrás, a volatilidade (2), baseada em 85 observações, ostentou sempre a melhor consonância, à medida que a volatilidade (3) superou a (1), refletindo melhor o prêmio do mercado. Por outro lado, as opções da Vale foram mais bem compreendidas pelas volatilidades (1) e (2) alternadamente, sendo que a (3) ocupou a terceira posição. O estudo só examinou o desempenho de volatilidades históricas e, nesse contexto, averiguou que a metodologia produz bons resultados e auferiu baixos erros percentuais, sobretudo quando utilizado a amostra de tamanho apropriado para o cálculo da volatilidade. Contudo, não é possível, através dos experimentos empíricos da presente monografia, deliberar sobre o tamanho ótimo do conjunto de dados para essa computação, já que cada ativo subjacente reagiu diferente as dimensões contempladas.

Consistentemente, as opções vastamente *in-the-money* (VALEI32 e PETRI30) sofreram a menor aglomeração de erro, o que, possivelmente, é consequência da maior certeza do exercício do direito correlato. Ao mesmo tempo, a opção VALEI36 encontra-se em evidente posição *out-of-the-money* e também foi bem compreendida por todos os modelos, provavelmente devido à explicação oposta: o baixo potencial de exercício. Por outro lado, as demais opções possuíram erros totais mais expressivos, pois, seguindo o mesmo raciocínio, há maior incerteza embutida na posição.

Ultimamente, é competente comparar os três modelos de apreçamento. No que concerne os erros percentuais auferidos no apreçamento das opções da Vale, o método da simulação Monte Carlo apresentou os melhores resultados, porque a soma dos erros percentuais das duas volatilidades mais compatíveis – (1) e (2) – é o mais irrisório. Mas, de perto, a tecnologia é acompanhada pelo modelo de Black-Scholes, que abocanhou o segundo melhor resultado. O modelo binomial apresenta a maior soma. Por sua vez, a equipe de opções da Petrobrás, quando analisada pela volatilidade (2) e (3), revelou um resultado semelhante aquele incorrido nas opções da Vale. O modelo binomial auferiu a quantidade superior de erro percentual, enquanto que a simulação Monte Carlo possuiu o melhor resultado em conjunto como o modelo de Black-Scholes. Nesse contexto, uma consideração notável é a de que, apesar das simplificações agenciadas, todos modelos experimentados produziram resultados suficientemente precisos. Desta forma, verificou-se que todos os métodos são vastamente aplicáveis, funcionais e acessíveis para todos indivíduos munidos de planilha eletrônica ordinária e do conhecimento necessário.

7 BIBLIOGRAFIA

BANK FOR INTERNACIONAL SETTLEMENTS, 2009. Disponível em: <http://www.bis.org/> Acesso em: 6 de setembro de 2009.

BANK FOR INTERNACIONAL SETTLEMENTS. *BIS Quarterly Review*. 2009.

BLACK, F; SCHOLES, M. *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. Journal of Political Economy, v. 81, n. 3, p. 637-654, mai/jun. 1973.

BM&FBovespa Brasil, 2009a. Disponível em: <http://www.bmf.com.br/portal/portal.asp> Acesso em: 6 de setembro de 2009.

BM&FBovespa Brasil. *Mercado Derivativos*. Série Introdutória. 2009b.

BM&FBovespa Brasil. Relatório Anual BM&FBOVESPA. 2008.

BOYLE, P. P. *Options: A Monte Carlo Approach*. Journal of Financial Economics, v. 4, p 323-338. 1977.

BRASIL. Comissão de Valores Mobiliários. *Instrução nº 283, de 10 de julho de 1998*.

BRASIL. *Medida Provisória 8 de 31/10/01*. Poder Executivo. Brasília, 2001

CHANCE, D. M. *Essays in Derivatives*. Financial Engineering News. Essay 5, p. 16-19. 1998. Disponível em: <http://husky1.stmarys.ca/~gye/derivativeshistory.pdf> Acesso em: 9 de setembro de 2009.

CHANCE, D. M. *Teaching Note 96-03: Monte Carlo Simulation*. Louisiana State University. 2008.

CLARKE, R. G. *Options and Futures: a tutorial*. The Research Foundation of the Institute of Chartered Financial Analysts. 1992.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. *Option Pricing: A Simplified Approach*. Journal of Financial Economics, v. 7, p. 229-263, set. 1979.

DUARTE JÚNIOR, A. M. *Simulação Monte Carlo para Análise de Opções*. Resenha BM&F, nº 115, p. 52-64, jul. 1997.

FIGUEIREDO, A. C. *Introdução aos derivativos*. 2ª Edição. Thomson Learning. São Paulo, 2006.

FORTUNA, E. *Mercado Financeiro: produtos e serviços*. Editora Qualitymark. Rio de Janeiro, 2008.

HULL, J. C. *Options, futures, and other derivatives*. 5ª Edição. Prentice Hall Finance Series. Toronto, 2004.

MACKAY, C. *Memoirs of Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds*. London. 1841. Disponível em: <http://www.gutenberg.org/files/24518/24518-8.txt> Acesso em: 10 de setembro de 2009.

MERTON, R. C. *Theory of Rational Option Pricing*. The Bell Journal of Economics and Management Science, v. 4, n. 1, p. 141-183. 1973.

RIBEIRO, A. C. N. et al. *Regulamentação bancária e dinâmica financeira: evolução e perspectivas a partir dos Acordos de Basileia*. UNICAMP. São Paulo. 2006.

ROSS; WESTERFIELD; JAFFE. *Administração Financeira*. Editora Atlas. São Paulo. 2008.

SCHARCHERMAYER, W. HUBALEK, F; *The Limitations of No-Arbitrage Arguments for Real Options*. Working Paper Series, v. 58, out. 1999.

SHAH, J. *Black, Merton and Scholes: Their work and its consequences*. Economical and Political Weekly, v. 32, dez. 1997.

SILVA, L. M. da. *Mercado de Opções*. 2ª Edição. Editora Halip. Rio de Janeiro. 1999.

SILVA NETO, L. de A. *Derivativos: definições, emprego e risco*. Editora Atlas. São Paulo, 1997.

YAHOO, 2009a. Disponível em: <http://br.finance.yahoo.com/q/hp?s=VALE5.SA> Acesso em: 15 de setembro de 2009.

YAHOO, 2009b. Disponível em: <http://br.finance.yahoo.com/q/hp?s=PETR4.SA> Acesso em: 15 de setembro de 2009.