

TT62

**VALOR DA FLEXIBILIDADE NAS AVALIAÇÕES DE EMPREENDIMENTOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ABORDAGEM DE OPÇÃO REAIS**

**EDUARDO KOITI YOSHIMURA**

MESTRANDO EM ENGENHARIA CIVIL, CREA 060088910-7 FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS/SP, BRASIL,  
EDUARDOKY@UOL.COM.BR ENGENHEIRO CIVIL, ANALISTA DE ENGENHARIA A, CLS SÃO PAULO  
(SP)/AVALIAÇÕES BANCO DO BRASIL S.A

## **XIV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, IBAPE/BA**

### **NATUREZA DO TRABALHO: ACADÊMICO**

#### **RESUMO**

*A configuração de projetos e sistemas de engenharia capazes de evoluir adequadamente em condições de incerteza futura é uma preocupação crescente na construção civil. A incorporação de atributos de flexibilidade já na concepção do projeto permite que o risco e a incerteza sejam encarados como oportunidades estratégicas a serem exploradas. Esta pesquisa procura entender como opções de flexibilidade podem agregar valor na construção civil por meio de análise de opções reais (ROA). Empregou-se como referencial teórico uma analogia de uma opção financeira aplicada ao contexto de ativos reais, no caso um projeto de um empreendimento destinado à venda de lotes. Os resultados mostram que a abordagem tradicional de avaliações de projetos com base em fluxo de caixa descontado (FCD) para cálculo do valor presente líquido (VPL) subestima o valor real do projeto quando comparado à abordagem de ROA. Conclui-se que a ROA pode trazer perspectivas adicionais sobre o valor de um projeto na construção civil, quando comparada a análises restritas a métodos com base em FCD.*

**Palavras-chave:** *Opções Reais, Flexibilidade, Incerteza, Volatilidade.,*

## 1 INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Uma preocupação freqüente na tomada de decisões e avaliações de empreendimentos é a de como configurar projetos e sistemas para que evoluam satisfatoriamente em condições de incerteza e risco. Muitas vezes os projetos são concebidos como se fossem unidades estáticas, apesar de estarem inseridos em condições de incerteza. De acordo com Gentry e O'neil (1984), Stermole (1993) e Ross, Westerfield e Jaffe (1999), o modelo padrão, tanto para valoração, como para tomada de decisões, é baseado nos métodos típicos e determinísticos com base em fluxo de caixa descontado (FCD), tais como o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), consideram de maneira tênue as incertezas e a capacidade de se alterar o curso das ações no futuro. Estes métodos supõem uma linha de ação fiel às considerações utilizadas na concepção inicial do modelo de decisão, e freqüentemente pressupõem estratégias de gestão de negócio difíceis de serem implantadas na prática (LIMA, 1990). Os modelos de avaliação para serem considerados como modelos normativos, assumem condições de certeza em suas formulações, que não condizem com os aspectos reais porque são de incertezas relativas, isto é, não podemos afirmar que as variáveis de cenários futuros comportar-se-ão da forma com que inicialmente foram propostas na modelagem. A inserção de aspectos de flexibilidade na concepção de um projeto é estrategicamente relevante, pois possibilita transformar condições de incerteza e risco em oportunidades a serem exploradas no futuro.

A inclusão de opções de flexibilidade está normalmente associada a um investimento adicional no projeto. Em contrapartida, este investimento suplementar garante maior capacidade de evolução e adaptabilidade às condições incertas do futuro, podendo-se deduzir que as opções de flexibilidade conferem ao projeto um valor adicional. Métodos probabilísticos, tais como análise de decisões (AD) e análise de opções reais (ROA)<sup>1</sup>, levam em conta o desenrolar futuro das decisões, atribuindo um valor extra ao projeto por conta das opções de flexibilidade. Ambos consideram os projetos como processos nos quais os tomadores de decisão podem alterar o curso de ação conforme a ocorrência de alterações no ambiente onde estão inseridos. Portanto, são adequados para a avaliação de projetos com alto grau de incertezas e que estão inseridos em condições onde as informações disponíveis *a priori*, e o contexto de inserção, não permitem antecipar decisões com segurança.

A originalidade da ROA está em desenvolver um estudo que complementa o método VPL tradicional. Considera como ineditismo devido a poucos casos e trabalhos acadêmicos e limita-se, neste trabalho, a empreendimentos da construção civil.

A questão proposta nesta pesquisa é determinar o valor de opções de flexibilidade incorporadas nos estágios iniciais de concepção de projetos e sistemas de engenharia, para que evoluam satisfatoriamente num ambiente atual de incertezas. Esta pesquisa objetiva contribuir para uma melhor compreensão do uso de opções reais como instrumento de captura do valor da flexibilidade na construção civil.

A pesquisa inicia revisando conceitos fundamentais de métodos baseados em FCD. Define-se então o conceito de flexibilidade, e busca-se entender de que

---

<sup>1</sup> Será utilizado o acrônimo original em inglês ROA de *real option analysis*, pela falta de uma terminologia já consagrada em português.

maneira ela pode atribuir valor a um projeto. Em seguida são apresentados fundamentos das opções financeiras, e a necessária adaptação ao ambiente de ativos reais, tais como projetos. Uma vez desenvolvido o referencial conceitual, apresenta-se um caso genérico de loteamento residencial analisando-se o valor de várias opções para um investimento empregando ROA.

## **2 MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO**

Tradicionalmente as empresas usam métodos quantitativos variados para estimar custos e benefícios associados a um determinado projeto. As abordagens típicas para avaliação de investimentos se baseiam em análises de fluxo de caixa descontado (FCD), as quais fornecem indicadores como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), o prazo de recuperação do investimento (*payback*), entre outros.

### **2.1 Valor presente líquido (VPL)**

O VPL pode ser entendido como a diferença entre o valor presente dos custos e o valor presente dos benefícios, que foram estimados no fluxo financeiro para o projeto. Para a determinação do valor presente, utiliza-se uma taxa de desconto conhecida ou especificada pelo tomador de decisão. De acordo com a teoria do VPL, o projeto deve ser aceito quando seu valor é positivo.

Do ponto de vista da qualidade de um investimento, ele é justificado quando o valor presente dos benefícios excede o valor presente dos custos. Na prática a determinação da taxa de desconto não é uma tarefa trivial, especialmente para projetos inseridos em condições de incerteza. Uma abordagem comum para levar em consideração as incertezas é determinar uma taxa de desconto ajustada ao risco, específica para o projeto em análise, e o método mais utilizado para estimar a taxa de desconto é o Custo Médio Ponderado do Capital (WACC – *Weight Average Cost of Capital*). O WACC baseia-se na estimativa da estrutura meta do capital, o custo do capital de terceiros e o custo do capital próprio. Normalmente o custo do capital próprio é obtido por meio do Modelo de Precificação de Ativos (CAPM – *Capital Asset Pricing Model*), exigindo estimar alguns parâmetros (MINARDI, 2004). A avaliação, portanto, embute todos os riscos da incerteza nessas taxas (a possibilidade de que os fluxos de caixa reais sejam muito menores que os projetados), mas nenhuma de suas recompensas (a possibilidade de que os fluxos de caixa reais possam ser maiores do que os projetados). Esse viés inerente pode causar a rejeição de projetos altamente promissores, ainda que incertos.

O VPL, como também outras abordagens baseadas em FCD, pode ser visto como uma estratégia determinista, apoiada em estimativas de parâmetros feitas com antecedência. Ele assume que o projeto poderá ser conduzido e operado durante sua vida útil conforme suas estimativas iniciais, mesmo que o contexto futuro seja de incerteza. Assim, as estratégias com base em FCD não captam o valor referente à flexibilidade gerencial de se alterar o curso normal do investimento conforme informações se tornam disponíveis. Tais intervenções durante a vida do projeto podem reverter em oportunidades de ganhos extras num mercado volátil, ou, contrariamente, de minimização de prejuízos.

A questão relevante é saber como a incerteza pode agregar valor a um investimento. Métodos baseados em FCD sugerem uma gestão estática, dificultando a resposta às condições de incerteza futura. Reconhecer as diferenças entre os métodos com base em FCD e as abordagens probabilísticas e estocásticas, tais

como a análise de opções reais, pode fornecer elementos adicionais para aumentar a qualidade da decisão sobre investir.

## **2.2 O desafio da gestão da incerteza incorporando flexibilidade**

Constatou-se no item anterior que os métodos tradicionais de avaliação de investimentos incorporam perspectivas estáticas de projetos e alternativas. Torna-se necessário, portanto, de uma abordagem adequada para incorporar e valorar estratégias de flexibilidade para o setor.

Para o estudo do valor da flexibilidade pode-se utilizar como referencial uma opção de compra européia (*European call option*) do mercado financeiro. A opção do tipo européia é a mais simples de todas, pois pode ser exercida apenas na sua data de vencimento. Por ser a mais simples, a opção do tipo européia é apropriada para assimilação dos conceitos fundamentais de opções reais. Em contraposição à opção do tipo européia, a americana pode ser exercida a qualquer momento de sua vida.

Uma oportunidade de investimento pode ser comparada a uma opção de compra financeira, pois o decisor tem o direito, mas não a obrigação de comprar um ativo numa data futura. Quando o decisor realiza um investimento irreversível ele exerce e encerra sua opção de investir. Automaticamente ele estará desistindo da possibilidade de aguardar novas informações que poderiam influenciar seu desejo de investir, ou determinar o momento mais adequado para realizá-lo. O decisor não poderá recuar caso as condições de mercado mudem para pior. O valor desta opção descartada pode ser visto como um custo de oportunidade que deve ser levado em consideração na decisão de investir (DIXIT; PINDYCK, 1994).

## **3 ABORDAGEM DE OPÇÕES REAIS**

### **3.1 Considerações iniciais**

A teoria de opções reais tem como base a idéia de que a incerteza pode criar valor, procurando responder às seguintes questões: (1) quais são as alternativas futuras? (2) quando se deve optar entre estas alternativas para maximizar valor com base no desenrolar dos acontecimentos? (3) quanto vale o direito de se poder optar por uma alternativa válida durante um tempo? (FORD; LANDER; VOYER, 2002).

Estes mecanismos de precificações foram desenvolvidos originalmente pelos economistas Robert Merton, Fischer Black, e Myron Scholes, que foram laureados com o prêmio Nobel de economia em 1997 (BLACK; SCHOLE, 1973; MERTON, 1973). Essa teoria vale do instrumental analítico das Opções Financeiras, que fornece o conceitual teórico para a avaliação do valor da flexibilidade em ativos reais.

As opções financeiras fazem parte de um conjunto de instrumentos denominados “derivativos”. Os derivativos possuem este nome porque não têm valor próprio – seu valor deriva do valor de algum outro ativo básico (ativo subjacente). Eles surgiram da necessidade de reduzir a incerteza, limitando os riscos de flutuações inesperadas nos preços dos ativos subjacentes.

Os contratos de opções são títulos derivativo. Estes são escritos sobre ações ordinárias, índices de bolsas, câmbio estrangeiro, mercadorias agrícolas, metais preciosos e taxas futuras de juros.

Dentre os tipos de derivativos mais comuns estão os contratos a termo futuros, os *swaps*<sup>2</sup> e finalmente as opções (HULL, 1995), que são o foco deste trabalho.

As opções são fundamentalmente diferentes dos contratos a termo e futuros, pois dão ao seu detentor o direito, mas não a obrigação de fazer alguma coisa no futuro. Desta forma, o possuidor de uma opção pode escolher exercê-la ou não, da maneira que julgue mais interessante. No futuro, ao contrário, as duas partes são obrigadas a comprar/vender os montantes estipulados no futuro.

Uma segunda diferença entre os contratos futuros e de opções é que entrar num contrato futuro não implica em qualquer custo inicial, enquanto a opção exige um pagamento adiantado (prêmio), que reflete o valor da sua flexibilidade.

Existem dois tipos básicos de opções (HULL, 1995; MINARDI, 2004; MONTEIRO, 2003):

- CALL OPTION (opção de compra): dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar um determinado ativo em uma determinada data, por um preço estabelecido;
- PUT OPTION (opção de venda): dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de vender um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré estabelecido.

As opções podem ser ainda americanas ou européias. Esta conotação não tem qualquer relação com a localização geográfica. As opções americanas são aquelas que podem ser exercidas em qualquer momento até a sua data de vencimento, e as opções européias só podem ser exercidas na sua data de vencimento. A maioria das opções negociadas é americana, porém as opções européias são normalmente mais fáceis de analisar, e algumas propriedades das opções americanas são frequentemente deduzidas das opções européias.

A ROA é utilizada para a avaliação de ativos reais, ou seja, aqueles que não são negociados no mercado financeiro. Como exemplos de ativos reais há os empreendimentos de investimento de capital, avaliação de propriedades intelectuais, avaliação de terras, de fontes de recursos naturais (minas, poços de petróleo etc.) e avaliação de empreendimentos de pesquisa e desenvolvimento.

A ROA utilizada como ferramenta de análise de investimento é relativamente recente. O termo “opções reais” foi usado pela primeira vez por Myers (1977). Conforme Dias (1996), o brasileiro O. Tourinho, em 1979, na sua tese de PhD em Berkeley, onde tratou de projetos de reservas de recursos naturais (petróleo) que podem ser entendidas e avaliadas como opções. Seu conceito principal está fundamentado na teoria das opções financeiras, uma vez que as decisões gerenciais ao longo da vida útil de um projeto de investimento podem ser consideradas análogas às opções, ou seja, existe um direito, mas não uma obrigação de se investir.

As opções reais se classificam, primeiramente, pelo tipo de flexibilidade que oferecem. Uma opção, por exemplo, é apenas o que parece ser – o direito, mas não a obrigação, de investir em um projeto em data futura. Uma opção de diferimento é a uma opção de compra americana encontrada na maioria dos projetos em que existe

---

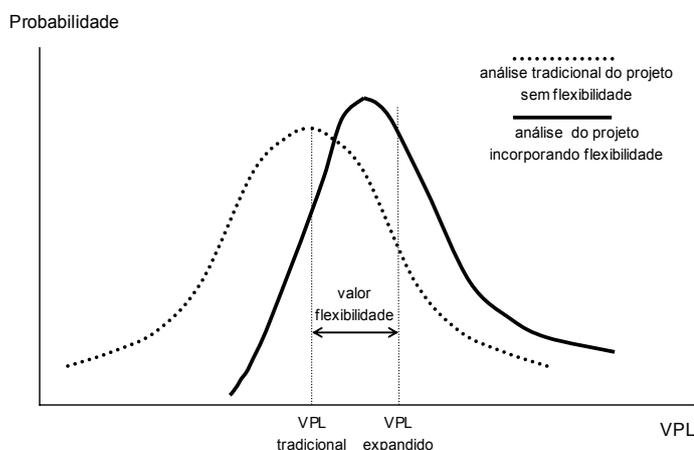
<sup>2</sup> Têm o significado de troca. São acordos privados entre duas empresas para a troca futura de fluxos de caixa, respeitando uma fórmula preestabelecida, e podem ser consideradas carteiras de contratos a termo (HULL, 1995).

a possibilidade de adiar o início de um projeto. A opção de abandono de um projeto por um preço fixo (mesmo que esse preço decline com o tempo) é formalmente uma opção de venda americana. Também o é a opção contração (reduzir a dimensão) de um projeto, mediante a venda de uma fração do mesmo a um preço fixo. A opção de expansão de um projeto, pagando-se mais para aumentá-la, é uma opção de compra americana, entre outras opções.

Na ausência da flexibilidade, ou do exercício da opção, a probabilidade dos valores do VPL de um projeto segue uma distribuição normal. Neste caso, o VPL esperado sem flexibilidade coincide com a moda; o valor mais provável da distribuição. O exercício de uma opção introduz flexibilidade na análise causando uma assimetria na distribuição (Figura 1). O valor desta distribuição assimétrica excede a moda atribuindo um valor extra ao VPL original, chamado de VPL expandido segundo Trigeorgis (2000).

A flexibilidade da administração em adaptar suas futuras ações em resposta às futuras alterações do mercado expande o valor da oportunidade do investimento pela melhoria do potencial de ganhos, enquanto limita as perdas às expectativas iniciais da administração sob uma gerência passiva. Segundo Minardi (2004) e Trigeorgis (2000), a assimetria resultante criada pela adaptabilidade requer uma regra para um “VPL expandido” que reflita os dois valores componentes: o VPL tradicional (estático ou passivo) e o valor da opção de operação e adaptabilidade estratégica. Desta forma, tem-se:

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Valor}_{\text{flexibilidade gerencial}} \quad [\text{Equação 01}]$$



**Figura 1: assimetria na distribuição de probabilidade causada pela flexibilidade. Fonte: Trigeorgis (2000)**

### 3.2 Métodos de Análise por Opções Reais

Para exemplificar os diversos métodos existentes para o cálculo do valor de um empreendimento por meio da teoria de opções reais, serão abordados o Método Binomial e o de Black-Scholes

O modelo binomial, desenvolvido por Cox, Rox e Rubinstein (1979), apresenta um modelo visualmente mais simples e intuitivo para a avaliação do preço de opção. Sua finalidade é tornar mais didático e acessível a um público maior de estudo de opções. Consiste em um modelo discreto, com construção bastante simples, conhecimento de matemática elementar e permite generalizações a vários outros problemas.

O Método Binomial pode ser diretamente utilizado no cálculo de opções reais, desde que feitas as devidas analogias entre um projeto de investimento real e uma opção financeira negociada no mercado.

A técnica do modelo baseia-se na construção de árvores binomiais que representam os diversos caminhos que podem ser seguidos pelo preço do ativo subjacente durante a vida da opção. A premissa básica adotada pelo modelo é de não-arbitragem, ou seja, o mercado ajusta-se às eventuais oportunidades de arbitragem (retorno sem risco).

O modelo segue um de precificação para opções de compra de ações, sendo, portanto válido para outros ativos e opções de venda.

A idéia básica é que durante um pequeno intervalo de tempo, a ação e a opção são perfeitamente correlacionadas, e é possível construir uma posição apropriadamente alavancada de ações que irá ter os mesmos retornos futuros de uma opção de compra.

Pode-se, portanto, montar uma carteira, que será denominada carteira *hedge*<sup>3</sup>, comprando-se determinada quantidade de ações e tomando-se determinado montante de dinheiro emprestado, de tal maneira que essa carteira tenha exatamente o mesmo comportamento que uma posição comprada de opção de compra. Para que não ocorra oportunidade de arbitragem, o valor da opção de compra deve ser o mesmo que o da carteira *hedge*.

O processo do método binomial segue um modelo gráfico, como da árvore de decisões abaixo.

$$C = \frac{p * C_u + (1 - p) * C_d}{r}, \text{ onde } \rightarrow p = \frac{(1 + r) - d}{u - d} \quad [\text{Equação 02}]$$

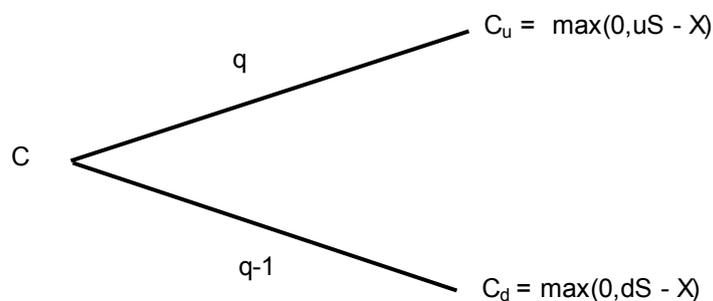


Figura 2: Grade binomial.

Onde C = valor atual da opção, C<sub>u</sub> = valor da opção no vencimento se o preço da ação for u x S, C<sub>d</sub> = valor da opção no vencimento se o preço da ação for d x S, S = preço da ação, u = fator quando S sobe, d = fator quando S desce. O método acima utiliza a taxa de juros livre de risco, e, portanto não necessita de ajuste pela carteira equivalente.

Quanto à formulação de Black–Scholes, muito importante nos mercados de derivativos e financeiros, fundamenta-se basicamente no conceito de carteira equivalente, com a diferença principal de utilizar cálculo estocástico (Lema de Itô),

<sup>3</sup> É um instrumento que visa proteger operações financeiras do risco de grandes variações de preço de um determinado ativo.

enquanto o Modelo Binomial utiliza uma aproximação algébrica para o mesmo resultado.

A apresentação visual do método binomial, por meio de árvores de decisão, confere às opções reais um papel ainda mais importante do que a mera avaliação do empreendimento, que é o da discussão e descoberta de opções reais, e principalmente do seu acompanhamento e gerenciamento adequados. O uso do modelo Black-Scholes limita as opções reais a um simples caso de cálculo do valor de empreendimentos, que é, na verdade, apenas uma de suas diversas aplicações;

Qualquer um dos principais modelos de avaliação do valor do preço de uma opção (binomial e Black-Scholes) necessariamente utiliza um conjunto básico de variáveis que precisam ser conhecidas ou estimadas para que possam fornecer o preço da opção. Essas variáveis são:

- Preço do ativo subjacente<sup>4</sup> (S): é o preço de mercado do ativo sobre o qual a opção de compra ou de venda é baseada em um dado momento;
- Preço de exercício (X): é o preço pelo qual o detentor da opção pode exercê-la;
- Tempo até o vencimento (T): fração anual do prazo de vencimento da opção;
- Taxas de juros (r): é a taxa de juros que influi na determinação do preço da opção;
- Volatilidade ( $\sigma$ ): é o movimento que sofre o ativo subjacente com o passar do tempo. Indica a incerteza (ou risco) quanto aos retornos proporcionados por este ativo.

Dentre os itens apresentados, as quatro primeiras variáveis são intuitivas e auto-explicativas. No entanto, a volatilidade ( $\sigma$  – sigma) é a mais difícil de ser determinada, pois não é diretamente observada e precisa, portanto, ser estimada. Será discutida e calculada nos próximos itens.

O modelo de Black-Scholes representa a contribuição mais importante para a precificação de opções, e muitos dos trabalhos acadêmicos partem dele para contornar suas limitações. As principais premissas do modelo são as seguintes (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

- A opção só pode ser exercida no vencimento (é uma opção européia);
  - A taxa de juros livre de risco é constante para as várias maturidades;
  - A opção baseia-se em um único ativo objeto sujeito ao risco; portanto as opções compostas estão excluídas;
  - O ativo objeto não paga dividendos;
  - O preço de mercado corrente e o processo estocástico adotado pelo ativo objeto são conhecidos mediante observação;
  - A variância (volatilidade) do retorno sobre o ativo objeto é constante no tempo;
  - O preço do exercício é conhecido e mantém-se constante.
- O modelo de Black-Scholes é formulado matematicamente por:

---

<sup>4</sup> Uma tradução, imprecisa para o termo *underlying asset*.

$$C_0 = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + r_f \cdot T}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{1}{2} \sigma \sqrt{T} \quad [\text{Equação 03}]$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Onde,  $C_0$  = valor de uma opção de compra européia;  $S_0$  = preço corrente da ação, ou do ativo objeto;  $X$  = preço do exercício;  $T$  = tempo de expiração da opção;  $r_f$  = taxa de juros livre de risco;  $\sigma$  = desvio padrão do preço do ativo;  $N(d_1)$  = função cumulativa de probabilidade normal para  $d_1$ ;  $N(d_2)$  = função cumulativa de probabilidade normal para  $d_2$ .

### 3.3 Volatilidade

A volatilidade, representada pelo símbolo “sigma” ( $\sigma$ ), indica a movimentação dos preços do ativo subjacente, ou da “incerteza” quanto aos retornos proporcionados por este ativo (HULL, 1995). De fato, quanto maior a movimentação ou a “velocidade” do mercado e dos ativos que o compõem, maior será o valor da opção sobre estes ativos.

Constatou-se no item anterior que os métodos tradicionais de avaliação de investimentos incorporam perspectivas estáticas de empreendimentos e alternativas. Porém, a flexibilidade estratégica para gestão da incerteza tem sido reconhecida como um elemento importante para agregar valor em diversos negócios.

Admitiremos a clássica distinção entre risco e incerteza. Risco refere-se a uma situação na qual os possíveis resultados da decisão não são únicos, isto é, não existe um único conjunto de resultados, mas diversos conjuntos dos mesmos, porém, as dimensões e probabilidades desses conjuntos são conhecidas antecipadamente. Incerteza refere-se a situação em que os possíveis resultados futuros também não são únicos, porém suas dimensões e/ou probabilidades não podem ser especificados objetivamente por antecipação. O termo probabilidade neste contexto significa a possibilidade de que um particular resultado aconteça.

Para Hoye (2007), conhecendo o valor de um ativo hoje, a incerteza do seu valor futuro aumenta com o tempo, sendo definido de maneira aleatória conforme figura abaixo.

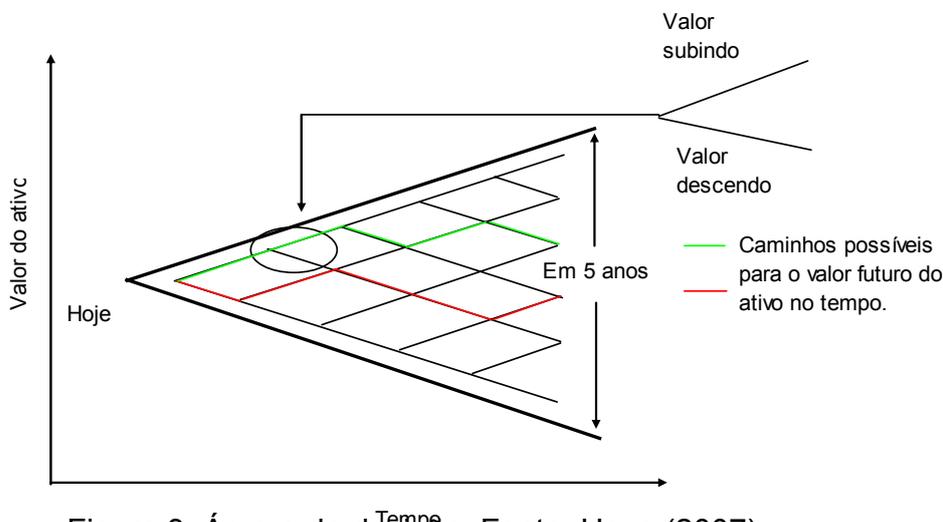


Figura 3: Árvore de decisão. Fonte: Hoye (2007).

Quanto mais níveis de ramos na árvore de decisão, mais precisamente aproxima-se de qualquer mudança possível futuro no valor do ativo.

Na realidade, as avaliações de negócios podem ser feitas como projetos de investimentos e, portanto, um investimento de risco. Normalmente, para o público em geral, a palavra “risco” está associado a perdas quando se trata de finanças. Isto é parcialmente correto, pois ignora a possibilidade de ganho acima do esperado que normalmente acompanha a possibilidade de perda.

Conforme Blanaru e Teles (2003) uma definição mais abrangente seria que risco está associado à incerteza. Mais precisamente, incerteza em relação ao valor de determinado ativo, retorno ou fluxo de caixa futuro.

Para quantificar essa variabilidade, a medida mais comumente utilizada é o desvio padrão. O desvio padrão, numa linguagem simplificada, mede o quanto os vários pontos da série de dados desviam-se de sua média. A expressão que define o desvio padrão é:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N}} \quad \text{[Equação 04]}$$

Onde,  $\sigma$  = desvio padrão,  $\bar{x}$  = média,  $x_j$  = números da série e  $N$  = total de elementos num jargão mais popular no mercado financeiro, o desvio padrão é também chamado de “volatilidade” que será discutido no próximo item.

Sob incerteza, uma variável futura não pode ser determinada por um único valor, mas por uma distribuição de probabilidade de seus possíveis valores. A volatilidade expressa a medida desta dispersão. Especificamente em aplicações econômicas, a volatilidade  $\sigma$  de um ativo é uma avaliação da incerteza sobre o retorno financeiro proporcionado por esse ativo.

Nas aplicações da ROA, a dependência do valor da opção em relação à volatilidade do valor do empreendimento ( $\sigma_v$ ) é grande, conforme observam Dixit e Pindyck (1994) ao analisarem o valor de uma opção de diferimento mediante o modelo básico desenvolvido por McDonald e Siegel (1986), “O investimento é altamente sensível à volatilidade do valor do empreendimento, independentemente das preferências do investidor ou gerentes em relação ao risco, e independentemente de como o perfil de risco de  $V$  (valor de um empreendimento ou de um fluxo de caixa) está correlacionado ao mercado”.

Segundo Merton (1990) um processo de Markov assume que toda a informação relevante do passado já está considerada no valor corrente da variável, assim as informações do passado são redundantes.

### **3.4 Simulação por método de Monte Carlo**

O método de simulação de Monte Carlo é um famoso método de simulação que tem por base a geração de números aleatórios de acordo com parâmetros definidos para as variáveis que compõem o modelo a ser utilizado. A palavra simulação refere-se a qualquer método analítico cuja intenção é imitar algum sistema real, especialmente quando outras análises são matematicamente complexas. Num contexto mais moderno, em que as simulações são auxiliadas pela informática. Por “modelo” entende-se a representação de um sistema. Normalmente buscam-se formas de miniaturizar a realidade para poder estudá-la.

Basicamente, o modelo tem como entradas variáveis que respeitam certo padrão de distribuição. A partir disso, são gerados números aleatórios para cada

uma das variáveis, seguidos dos diversos parâmetros de distribuição. A cada iteração o resultado é armazenado. Ao final de todas as iterações, a seqüência de resultados gerados é transformada em uma distribuição e seus parâmetros, como média e desvio padrão, por exemplo, podem ser calculados.

De acordo com Copeland e Antikarov (2002), a volatilidade do valor de um empreendimento pode ser estimada, por extensão do Teorema de Samuelson<sup>5</sup>, como o desvio padrão da taxa de retorno proporcionada pelo fluxo de caixa em dois momentos consecutivos:

$$\sigma_v = \sqrt{\text{Var} \left[ \ln \left( \frac{VPL_1}{VPL_0} \right) \right]} \quad [\text{Equação 05}]$$

onde VPL é o fluxo de caixa líquido no tempo 0 e 1.

O Teorema de Samuelson prova que a taxa de retorno de qualquer ativo seguirá um caminho aleatório, independentemente do padrão do fluxo de caixa esperado, desde que o investidor tenha informação completa sobre o fluxo de caixa. Assim, toda informação sobre o fluxo de caixa futuro já está considerada no valor atual do ativo, de forma que se todas as expectativas forem confirmadas, a remuneração do investidor será exatamente a taxa de retorno esperada. Portanto qualquer variação no retorno esperado, provocada por eventos aleatórios que alterem o fluxo de caixa esperado, representa a incerteza do valor do ativo, que é sua volatilidade. Em sua obra de Copeland e Antikarov (2002) apresentam a prova do Teorema de Samuelson, exemplos numéricos e evidências quantitativas. Bordieri (2004) e Costa Lima e Suslick (2006), estimaram a volatilidade de projetos de E&P de petróleo a partir de dados do mundo real. Os autores concluem considerando que o teorema de Samuelson é uma hipótese suficientemente válida para ser utilizada para avaliação da volatilidade de sigma v e apresentam aplicações da abordagem de Monte Carlo às estimativas de desvio padrão de taxas de retorno de empreendimentos.

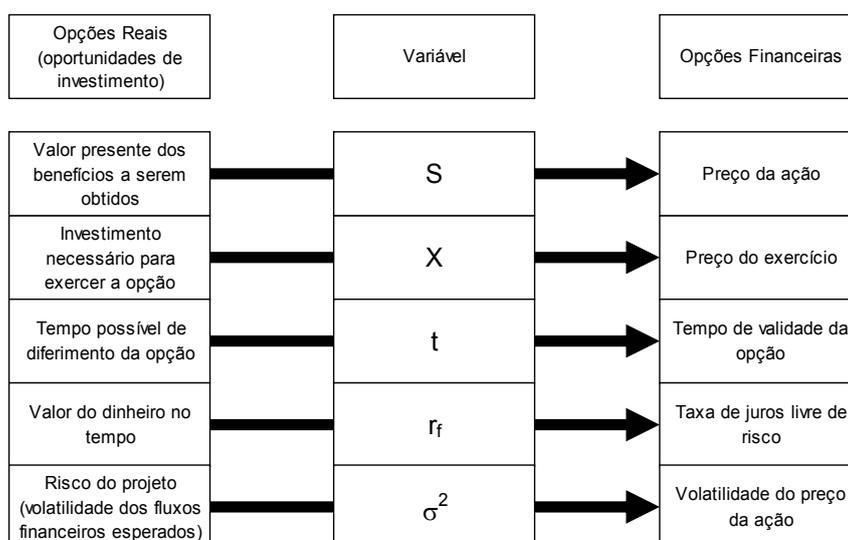
Simulações de Monte Carlo foram desenvolvidas em planilhas eletrônicas comuns, como a *Microsoft Excel*, com o auxílio de ferramentas mais poderosas desenvolvidas especialmente para essa finalidade, como é o caso do software *Crystal Ball 7.2*, desenvolvido pela empresa americana *Decisioneering Inc.*

#### **4 OPÇÕES REAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Apresenta-se nesta seção um exemplo hipotético, não obstante relevante, de aplicação de ROA em um empreendimento da construção civil - loteamento. O valor das opções confere flexibilidade na ação gerencial do empreendedor, ilustrando o processo de incorporação de uma mentalidade de opções reais no ambiente da construção civil, e trazendo informações adicionais para auxílio ao processo de tomada de decisão.

---

<sup>5</sup> Primeiro economista laureado com o prêmio Nobel, em 1965.



**Figura 4: correspondência entre oportunidade de investimento e opções financeiras. Fonte: Luehrman (1998)**

#### 4.1 Exemplo ilustrativo do projeto de empreendimento de loteamento sob uma perspectiva de opções reais

A perspectiva de opções reais pode ser assimilada num caso de venda de lotes em uma área ainda pouco urbanizada. Áreas pouco exploradas fornecem a oportunidade de aquisição por preços reduzidos, porém trazem consigo riscos diversos como incerteza quanto às vendas, gastos com legalizações, despesas com serviços de infra-estrutura, entre outros. Segundo Titman (1985), glebas vazias englobam o valor de empreender hoje, e também o valor da opção de adiar o empreendimento para uma data futura, onde há a possibilidade da área ter maior valor de incorporação imobiliária.

A premissa principal das opções reais é a de que as mudanças de estratégia exigidas num momento futuro de resolução de incertezas incorrem em custos elevados. Portanto, estratégias de flexibilidade e de opções de decisões podem agregar valor quando incorporadas já na fase de concepção do projeto.

#### 4.2 Determinação da volatilidade do projeto do empreendimento

Para estimar a volatilidade do valor dos projetos, foi adotada, neste trabalho, a metodologia proposta por Copeland e Antikarov (2001), que por extensão do Teorema de Samuelson, considera a volatilidade como a dispersão das amostras dos resultados de investimento em relação ao valor esperado, avaliado, pela hipótese, como o desvio padrão dos logaritmos naturais do quociente dos valores dos projetos em dois instantes consecutivos de tempo. Os denominadores são constantes, calculados para os preços iniciais e equivalentes aos valores do projeto no ano zero. Os numeradores, que são os valores do VPL no final do primeiro ano, variam a cada passo, com os dados obtidos por simulações dos processos estocásticos de fluxos de caixa com preços aleatórios.

O programa *Cristal Ball* repete as iterações, armazena os resultados do  $VPL_1$  calculados para iterações (100.000), divide o valor obtido por  $VPL_0$ , calcula os logaritmos naturais do quociente em planilha com dados de saída e estima o desvio padrão da amostra ( $\sigma_v$ ). As figuras a seguir mostram a tela de saída de resultados.

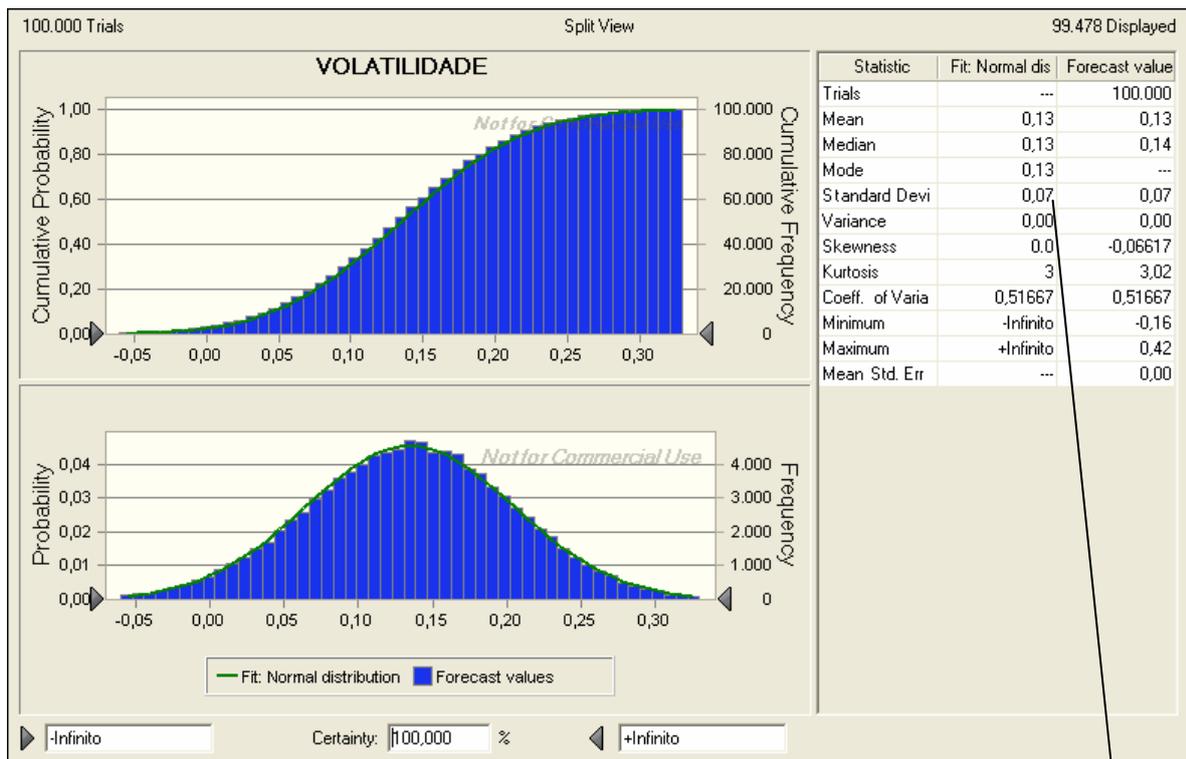


Figura 5: Interface da planilha *Crystal Ball* com resultado da avaliação. Temos, portanto, como resultado a volatilidade do projeto ( $\sigma_V$ ) de 7,00 %.

### 4.3 Determinação das opções reais

Os exemplos desenvolvidos não consistem na aplicação completa do modelo binomial, mas em uma ilustração através de métodos numéricos simples para elucidar princípios básicos para quantificar várias das opções existentes. Esta avaliação de um projeto de empreendimento da construção civil (loteamento) apresenta uma série de opções reais, como postergar, expandir, contrair e abandonar.

O empreendedor apresenta a projeção do fluxo financeiro e o VPL para o empreendimento, contemplando, assim, os resultados financeiros.

**Tabela 1: projeção do fluxo financeiro e o VPL para o empreendimento (R\$mil)**

Tempo (ano)	Infra Estrutura	despesas c/ITBI, publ. e vendas	faturamento bruto	COFINS e PIS	resultado oper. bruto	custos para CS/IR	resultado liquido antes de IR/CS	CS sobre o lucro	resultado antes do IR	IR	Fluxo de caixa	
0	Gleba										-	
1												
2		2.273	408	5.096	33	2.382	1.577	3.518	317	3.202	528	1.537
3		2.273	408	5.096	33	2.382	1.577	3.518	317	3.202	528	1.537
4			408	5.096	33	4.655	1.577	3.518	317	3.202	528	3.811
5			408	5.096	33	4.655	1.577	3.518	317	3.202	528	3.811
		-	4.546	1.631	20.383	132	14.074	6.309	1.267	2.111	10.696	
VPL <sub>0</sub> :		6.317										
Gleba:		6.400										
VPL:		-83										

Em que pese o VPL ser negativo, a margem sobre o investimento inicial é irrelevante. Caso este investimento estivesse competindo por fundos com outros empreendimentos, ele teria chances reduzidas de aceitação. Contrariando os resultados da avaliação tradicional pelo VPL, o empreendimento possui valor considerável, pois o investimento inicial de compra da gleba de R\$ 6.400 mil possibilita a opção futura de expandir, ou não, o loteamento.

Uma tarefa importante é reconhecer as opções contidas em projetos de investimento. No caso do empreendimento proposto, uma maneira de reconhecer a opção é examinar os números da projeção do movimento financeiro.

Utilizaremos, neste trabalho, a taxa livre de risco para o Brasil, o retorno das aplicações em poupança.

Tabela 2: Dados do empreendimento do loteamento.

Dados	
Valor do Ativo (\$)	\$6.317
Custo de Implementação (\$)	\$6.400
Maturidade (Anos)	2
Taxa livre de risco (%)	6%
Dividendos (%)	0,00%
Volatilidade (%)	7,00%
Passos da grade	2

Cálculos intermediários	
Maturidade/passos (dt)	1,0000
Fator subida (up)	1,0725
Fator descida (down)	0,9324
Probabilidade Neutra de risco (prob)	0,911

### Grade do Ativo Subjacente

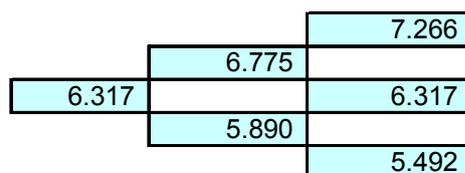


Figura 6: Grade binomial do ativo subjacente – loteamento.

a) Avaliação da Opção de postergar o investimento: o empreendedor possibilita que o investimento seja postergado em até um ( $t_1$ ) ou dois anos ( $t_2$ ), beneficiando o projeto com a resolução de incertezas sobre o preço do lote. Só será investido  $I_p$  (exercida a opção de compra da gleba), se o preço do lote for suficientemente alto. Caso o preço do lote caia, o empreendedor não se comprometerá com o projeto, economizando o desembolso  $I_p$ . Antes da expiração do vencimento da compra da gleba, o valor do projeto será  $\max(V - I_p, 0)$ , análogo ao valor de uma opção de compra americana no valor presente bruto da expectativa do fluxo de caixa do projeto completo:  $V$ , cujo preço de exercício é  $I_p$  (compra da gleba). O investimento antecipado implica o sacrifício do valor da opção de postergar, e só deverá ser feita se  $V - I_p$  superar esse valor.

**Grade do Valor da Opção: Postergar**

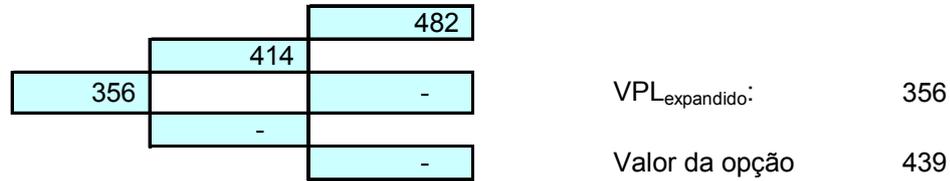


Figura 7: Opção de postergar e seus resultados.

b) Avaliação da Opção de expandir: se o preço do lote ou as condições de mercado se tornarem mais favoráveis do que o inicialmente previsto, é possível aumentar a taxa de vendas dos lotes ou seus preços através de um desembolso  $I_E$  (propaganda, corretores, etc). Essa modalidade de opção deve ser exercida quando o resultado encontrado superar oportunidades que o mercado propicia ou quando se aproximar de expectativas de incertezas futuras favoráveis.

**Grade do Valor da Opção: Expandir**

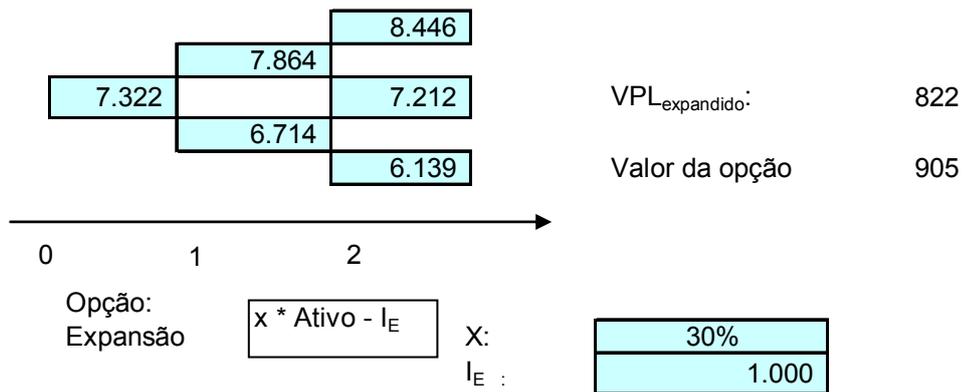


Figura 8: Opção de expandir e seu resultado.

c) Avaliação da Opção de contrair: se as condições de mercado se tornar piores que o esperado, é possível operar abaixo da capacidade, e reduzir parte da taxa de vendas dos lotes ou abaixar seus preços, salvando uma parcela  $I_C$  dos investimentos planejados (propaganda, jardinagem, etc). Ela deve ser exercida quando o valor obtido superar oportunidades que o mercado oferece ou quando se aproximar de expectativas de incertezas futuras desfavoráveis ao prosseguimento do projeto.

**Grade do Valor da Opção: Contrair**

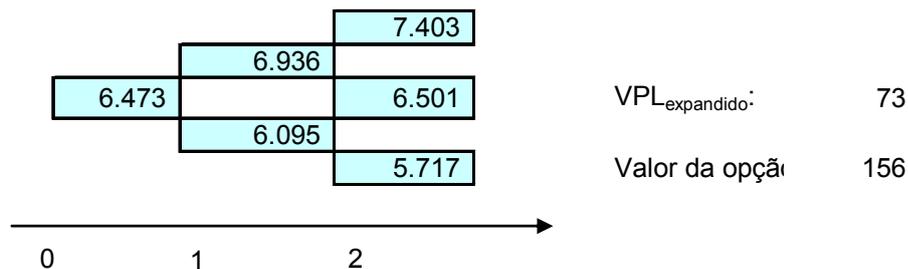




Tabela 3: Resultados.

Tipo	VPL expandido	Valor da opção
Tradicional	-83	
Postergar	356	439
Contraír	73	156
Abandonar	100	183
Combinação	922	1.005

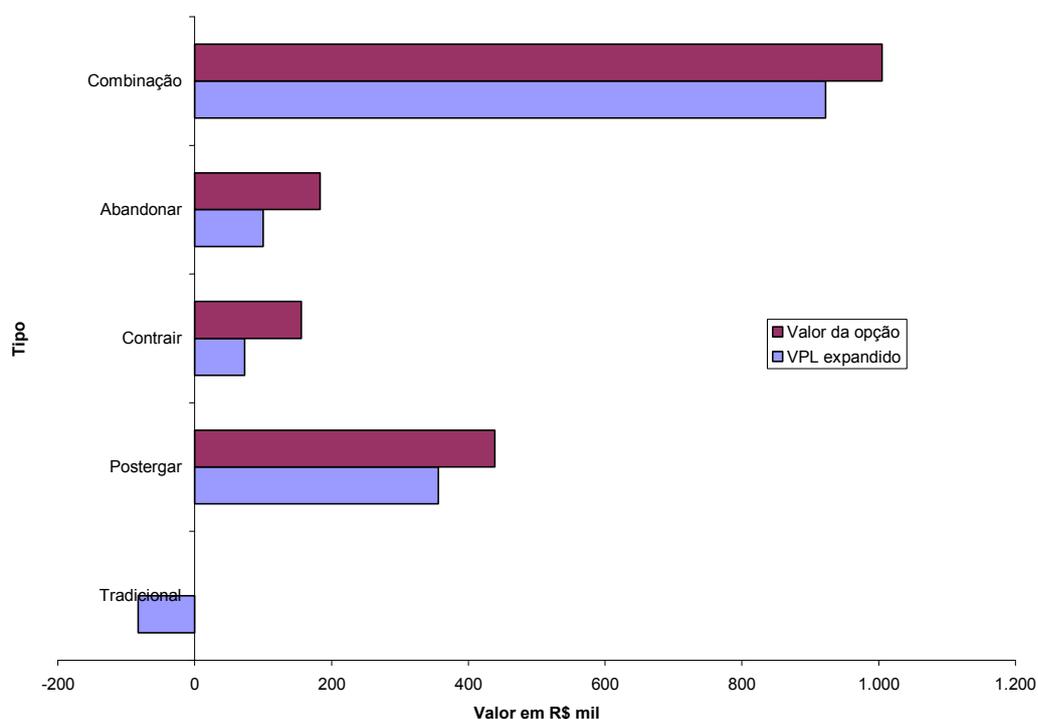


Figura 12: Gráfico dos resultados.

A ROA, conforme Lima e Suslick (2006) mostra ser superior ao tradicional VPL, desde que sejam consideradas as seguintes características comuns em muitos empreendimentos:

- Que muitos investimentos são no mínimo em parte irreversíveis, significando, no caso de insucesso nos empreendimentos, a corporação não poder recuperar seu investimento por meio da venda dos ativos físicos e intangíveis;
- Que a incerteza nos valores futuros dos componentes do fluxo de caixa pode agregar valor ao empreendimento em contraponto à visão tradicional na qual o futuro incerto reduz o VPL, pois atribui um prêmio de risco alto para a taxa de desconto;

O resultado deste estudo não deve ser extrapolado para a avaliação de investimentos em geral, pelo fato de ser restrito a um único caso, não sendo ainda possível generalizar os resultados obtidos. De qualquer forma, o estudo apresentado é um primeiro passo na direção da utilização de modelo de opções reais em um espectro mais amplo, de forma a auxiliar os tomadores de decisões de investimentos na seleção de empreendimentos na construção civil.

O valor de  $\sigma$  está diretamente ligado à incerteza e risco dos resultados a serem obtidos no futuro. Quanto maior o valor de  $\sigma$ , maior o valor da opção, portanto

maior o valor global do empreendimento. Há métodos reconhecidos para estimativas probabilísticas de  $\sigma$  fazendo uso de séries históricas e simulações de Monte Carlo. Estes tratamentos para  $\sigma$  fogem do escopo desta pesquisa, porém serão realizados estudos futuros no tema.

## **6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Freqüentemente o valor de um projeto ou sistema de engenharia relacionado às incertezas futuras não é detectado, porém ele está disponível por meio do uso de estratégias de flexibilidade. Gestores podem subavaliar o valor de um projeto e oportunidades futuras caso os caracterizem exclusivamente por estratégias operacionais rígidas e inflexíveis. Mostrou-se que a detecção das opções de flexibilidade assegura um valor adicional ao projeto ou sistema em análise já nas fases de pré-planejamento e de estudos de viabilidade.

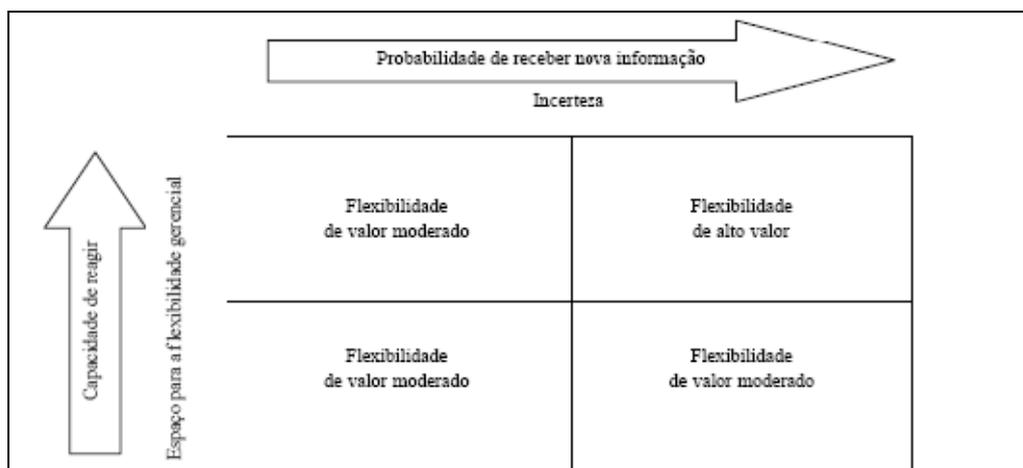
Um desafio para auxílio às tomadas de decisões estratégicas na construção civil é conceber modelos refinados de fluxos de caixa e incertezas futuras. A incorporação de uma visão de opções reais ofereceu informações adicionais sobre o empreendimento em análise em relação aos resultados obtidos pelo VPL tradicional e sem flexibilidade. Portanto, combinar os métodos para que o gestor adquira uma perspectiva mais abrangente sobre o valor do projeto é um caminho promissor.

A valoração das opções de flexibilidade é relevante nos casos de projetos com VPL próximo de zero, e que normalmente seriam rejeitados pelos critérios tradicionais com base em FCD. A incorporação de estratégias de flexibilidade possibilita que projetos previamente classificados como inviáveis se transformem em oportunidades a serem exploradas sob uma ótica de opções reais. Há percepção intuitiva dos gestores sobre o valor do uso de estratégias de flexibilidade, porém, ainda há pouca estruturação metodológica e conceitual para sua incorporação nas fases iniciais de um projeto, especialmente no setor da construção civil.

Mesmo simplificado, o modelo utilizado nesta pesquisa de opções de compra financeira em um empreendimento análogo na construção civil possibilitou assimilar informações complementares e estratégicas em relação ao valor do projeto. A teoria das opções reais mostra que a incorporação de opções de flexibilidade nos estágios iniciais, e não finais, do projeto pode se transformar em importante fator estratégico, valendo-se de uma visão proativa de oportunidades a serem exploradas. A aplicação da teoria das opções reais ainda é incipiente na construção civil, havendo necessidade da concepção de um referencial mais robusto e abrangente para aplicações no setor.

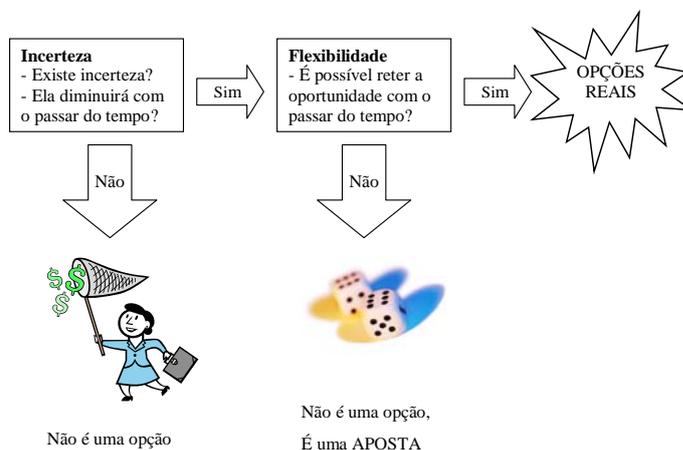
O método de FCD capta a estimativa base de valor; a avaliação de opções reais agrega o impacto do potencial positivo da incerteza. E como atesta MacMillan e Putten (2004), é bom alertar que uma abordagem de opções reais só serve para empreendimentos de certo modo estruturados como opções, ou seja, aqueles que podem ser abandonados antes de um maior comprometimento financeiro se ficar claro que haverá problemas. Ela não presta, por exemplo, para avaliar uma oportunidade que exija a imobilização de vastas somas na construção de uma fábrica antes que se possa ter alguma noção se a aposta compensará ou não. E que a avaliação de opções só faz sentido se o empreendimento pode ser suspenso ainda na fase inicial, a custos baixos, quando as coisas não forem bem. Essa disciplina deve ser seguida, no caso de opções, porque se não for obedecida, não estará fazendo investimento e sim apostando.

O valor da flexibilidade gerencial tem maior valor quando existe grande incerteza ao futuro, ocorrendo à probabilidade de obter novas informações ao longo do tempo. Copeland e Antikarov (2002) ressaltam que quando há muita incerteza e quando os administradores têm flexibilidade para reagir a ela, as opções são importantes, pois permitem a eles responder adequadamente a esta nova informação.



**Figura 13: Flexibilidades Gerenciais. Fonte: Copeland e Antikarov (2002).**

Existe a importância de se considerar o valor das opções à gerência quando da análise pela aceitação ou não de um projeto de investimento. No entanto, é possível que a origem do valor das opções reais não esteja clara, e, portanto, vale a pena ilustrar graficamente as duas fontes de valor para as opções em investimentos reais (MONTEIRO, 2003):



**Figura 14: Fontes de valor de uma Opção Real. Fonte: adaptado de Monteiro (2003).**

Basicamente, o VPL tradicional só é diferente do VPL expandido, ou seja, só existe valor na análise por opções reais, quando existem dois fatores fundamentais em conjunto:

- a) Flexibilidade
- b) Incerteza

Conforme Monteiro (2003), a flexibilidade refere-se à capacidade da administração de interagir em questões chave do empreendimento, promovendo alterações que minimizem perdas eminentes, ao “exercer” adequadamente as suas opções. Na maioria dos casos reais, existe algum grau de flexibilidade que normalmente não está capturado nos modelos tradicionais de fluxo de caixa descontado.

O segundo ponto, e talvez tão importante quanto, é a incerteza, ou a volatilidade. Quanto maior a volatilidade, maior o valor da opção, porque quanto maior a amplitude dos possíveis resultados para o investimento, maior será a probabilidade de termos retornos e perdas significativas. Aliando esta característica à gestão ativa da administração, que é capaz de minimizar as perdas por meio de suas atitudes nos momentos adequados, só nos sobra o lado positivo do retorno, enquanto as perdas são minimizadas.

A compreensão plena dos atributos de flexibilidade em um projeto ou sistema de engenharia representa um desafio de pesquisa. Explorar plenamente o valor da flexibilidade requer novas técnicas, novos processos, e novos referenciais conceituais no desenvolvimento de sistemas de engenharia (De NEUFVILLE, 2002). Particularmente, a incorporação e valoração da flexibilidade em produtos da construção civil necessitam de análise específica.

A intenção relevante da teoria das opções reais é determinar o valor da flexibilidade. Uma vez determinado seu valor, pode-se decidir sobre os diferentes graus de flexibilidade a serem incorporados a um projeto. Desta forma, parte-se de uma perspectiva estática para um ponto de vista dinâmico, proativo, na concepção de produtos na construção civil.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENGTSSON, J. Manufacturing flexibility and real options: a review. **International Journal of Production Economics**, v. 74, p. 213-224, 2001.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **The Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.
- BLANARU, A.; TELES, E.L. Estudo sobre a avaliação de empresas diante das condições de incertezas das premissas: análise probabilística gerada por simulação de Monte Carlo como auxílio ao processo decisório **caderno de estudo**, FEA USP, 1993
- BORDIERI, C.A. **Um método quantitativo para estimativa da volatilidade de projetos de produção de petróleo** Campinas, 2004. 153 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociência, UNICAMP.
- BRANDÃO, D.Q.; HEINECK, L.F.M. Significado multidimensional e dinâmico de morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 4, p. 35-48, 2003.
- CARVALHO, M.S.; FENSTERSEIFER, J.E. Discussão sobre o conceito de flexibilidade na manufatura aplicado ao subsetor edificações da indústria da construção civil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 1996, Piracicaba/SP. **Anais....**, 1996. p. 1-7.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 368 p

COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimating the volatility of selected oil projects **Journal of Petroleum Science & Engineering**, v. 54, p. 129-139, 2006.

COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimating the volatility of mining projects considering price and operating cost uncertainties **Resources Policy**, v. 31, p. 86-94, 2006.

COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimativa da volatilidade de projetos de bens minerais **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, p. 37-46, 2006.

DE NEUFVILLE, R. **Architecting/designing engineering systems using real options**. Engineering Systems Division: Massachusetts Institute of Technology, 2002. 11 p. WP-2003-01.09.

DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em exploração e produção do petróleo** Rio de Janeiro, 1996. 470 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, PUC Rio.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach **Journal of Financial Economics**, n. 7, p. 229-264, october 1979.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 468 p.

FORD, D.N.; LANDER, D.M.; VOYER, J.J. A real options approach to valuing strategic flexibility in uncertain construction projects. **Construction management and economics**, v. 20, p. 343-351, 2002.

GENTRY, D.W.; O'NEIL, T.J. Mine investment analysis. New York: Society of Mining Engineer. AIME, 1984, 502 p.

GIL, N.; TOMMELEIN, I.D. ; STOUT, A. ; GARRETT, T. Embodying product and process flexibility to cope with challenging project deliveries. **Journal of construction engineering and management**, v. 131, n. 4, p. 439-448, 2005.

GREDEEN, L. **Flexibility in building design: a real options approach and valuation methodology to address risk**. Massachusetts, USA, 2005. 259 f. Doctor of Philosophy in Architecture: Building Technology - Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology.

HOYE, S. **Are Real Options Real ?**. CBUC 2007 – Crystal Ball User Conference.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo, Finland, 2000. 297 f. Thesis (Doctorate in Technology) - Helsinki University of Technology.

LIMA, J.R. **O conceito da taxa de retorno na análise de empreendimentos: uma abordagem crítica**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1990. 13 p. Boletim Técnico - BT23/90.

LUEHRMAN, T.A. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers. **Harvard business review**, p. 51-67, jul./aug. 1998.

MERTON, R.C. **Continuous - Time Finance** Cambridge, MA: Blackwell Publisher Inc., 1990. 734 p.

MERTON, R. The theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, p. 141-183, Spring 1973.

MINARDI, A.M.A.F. **Teoria de opções aplicada a projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2004. 135 p.

MONTEIRO, R.G. **Contribuição da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade - Uma ênfase no cenário latino-americano** São Paulo, 2003. 193 f. Dissertação de Mestrado - FEA, USP.

MYERS, S.C. Using simulation and financial strategy **Midland corporate finance journal**, v. 5, n. 1, p. 6-13, 1977.

ROSS, S.A., WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, F.J. **Administração financeira**. São Paulo, Atlas, 1999.

SLAUGHTER, E.S. Design strategies to increase building flexibility. **Building Research & Information**, v. 29, n. 3, p. 208-217, 2001.

STERMOLE, F.J.; STERMOLE J.M. **Economic evaluation and investment decision methods**. 8 th ed. Golden, Colorado: Investment Evaluations Corporation, 1993, 479 p.

TITMAN, S. urban land prices under uncertainty. **The American Economic Review**, Nashville, v. 75, n. 3, p. 505-515, 1985.

TRIGEORGIS, L. **Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2000. 427 p.

WARD, A.; LIKER, J.K. ; CRISTIANO, J.J. ; SOBEK, D.K. The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Sloan management review**, v. 36, n. 3, p. 43-62, 1995.

HULL, J.V. **Introduction to Futures & Option Markets** 2 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1995. 262 p.