

Alberto Ribeiro Guimarães

REAL OPTIONS – UM MÉTODO  
ALTERNATIVO AO VALOR PRESENTE  
LÍQUIDO PARA AVALIAÇÃO DE  
PROJETOS

Rio de Janeiro – 2007

Alberto Ribeiro Guimarães

REAL OPTIONS – UM MÉTODO  
ALTERNATIVO AO VALOR PRESENTE  
LÍQUIDO PARA AVALIAÇÃO DE  
PROJETOS

Monografia apresentado como requisito  
de avaliação no curso de Graduação em Bachare-  
lado de Ciências Econômicas – PUC-RIO

Gostaria de agradecer ao prof.  
José Henrique Tinoco, meu orientador,  
que me ajudou a concluir esta monografia e ao  
prof. Márcio Garcia, tutor da mesma.

## SUMÁRIO

Resumo .....	5
Introdução .....	6
Capitulo 1 – A Credibilidade do Ouro .....	7
Capítulo 2 - A Batalha contra a Inflação .....	18
2.1 – Modelo de Black-Scholes .....	18
2.2 – Modelagem por Processo Estocástico.....	22
2.3 – Simulação de Monte Carlo.....	24
Bibliografia .....	27

## RESUMO

A análise de *Real Options* é um método de avaliação de ativos, investimentos, empresas, entre outros, ainda pouco difundido no Brasil, onde o *Discounted Cash Flow* (DCF) ainda é a principal ferramenta para esse fim. Porém, para modelos que apresentam maior incerteza, o método de *DCF* costuma não avaliar o verdadeiro valor do investimento, subvalorizando-o, pois não leva em conta a flexibilidade das ações do agente.

Desta forma, esta monografia apresentará em seus capítulos a teoria do método de avaliação de investimentos *Real Options*, comparando-a com o DCF. Além disso, serão analisados os casos em que é mais vantajosa sua utilização a comparando aos outros métodos, as diferentes formas de utilizá-la e suas características. Ademais será apresentado métodos quantitativos utilizados para a os cálculos numéricos necessários neste modelo de avaliação.

## INTRODUÇÃO

A incerteza é um cotidiano na vida das pessoas, poucas são as que têm certeza sobre o que farão na próxima semana, no próximo mês, no próximo ano, e é isso o que muitos afirmam ser o mais interessante na vida. Esta impossibilidade de prever o que virá no futuro é, porém, um luxo que um empresário, na maioria das vezes, não pode ter. Permitir que o destino de seus investimentos seja decidido pela *fortuna* não é uma opção e para tal, ele deve utilizar ferramentas que possibilitem fazer projeções sobre o futuro de sua inversão.

Há vários métodos possíveis para se fazer esta análise; existem, entretanto, os que são mais difundidos e aceitos no mercado. O fluxo de caixa descontado (DCF – *discounted cash flow*) é atualmente o mais utilizado. Por obter resultados consistentes, este modelo de precificação é tido como padrão para a realização do *valuation*.

Este método, porém, possui inflexibilidades no que diz respeito às incertezas sobre o futuro. A forma mais utilizada para tentar contornar este problema é a criação de cenários que poderão acontecer. Esses, entretanto, não são uma resposta tão adequada assim ao problema, pois cada cenário em si continua sendo rígido.

É esta lacuna que a teoria de *Real Options* (opções reais) veio preencher. Baseando-se nos conceitos de opções financeiras, o *Real Options* traz à avaliação de ativos reais a possibilidade de flexibilidade nas ações dos agentes, dados os cenários futuros. Isso é um avanço quando comparado com a rigidez do DCF, pois permite que o agente tenha a opção de responder a mudanças de variáveis-chaves de forma racional, o que não acontece nas avaliações feitas pelo método de DCF.

Este trabalho se propõe a apresentar um modelo de *valuation* ainda pouco difundido no Brasil, através de uma explanação teórica. No primeiro capítulo serão apresentados os conceitos principais do método, enquanto no segundo serão apresentados métodos quantitativos que podem ser utilizados no método de *real options*.

## CAPÍTULO 1 – O VALOR DA INCERTEZA

Em um mundo onde há grande incerteza, a flexibilidade das estratégias torna-se cada vez mais importante para as empresas. Os agentes, normalmente, percebem o risco como um custo que deve ser minimizado, porém, ao mesmo tempo, eles concordam que as melhores oportunidades são acompanhadas por um alto grau de incerteza.

Assim sendo, estes tomadores de decisão devem saber fazer escolhas seletivas, para desta forma minimizarem os riscos, sem permitir, porém, que oportunidades de negócios lucrativos sejam excluídas por aversão ao risco. Para este fim, sabe-se que o ferramental costumeiro utilizado não é eficiente. Como exemplificam Amram e Kulatilaka [1999] com os três pontos a seguir:

1 – Para investimentos estratégicos: ferramentas convencionais não captam as opções que os agentes têm para levar seus projetos ao sucesso.

2 – Para valuations de transações: como por exemplo, a precificação de ativos, ferramentas convencionais baseiam-se em inputs subjetivos, o que gera um resultado não compatível com o do mercado financeiro.

3 – Para visão estratégica: ferramentas convencionais não provêm um framework que faça a ligação entre a análise do projeto e o mercado em que a firma está inserida.

De fato, analistas seguindo sua “intuição” no sucesso do projeto tendem a manipular de alguma forma sua análise, elevando, assim, o fluxo de caixa projetado. Além disso, os tomadores de decisão estão sujeitos ao seu otimismo e ao mesmo tempo sua aversão ao risco. Enquanto isso, pode acontecer não projetadas mudanças no cenário do mercado, apesar de esperadas, fazendo com que seja feita uma nova análise. O resultado é que as escolhas feitas, fundamentadas em tais análises, carecem de credibilidade.

Real options permite uma nova perspectiva de criação de valor em um mundo onde há incertezas, tornando-se, assim, uma importante ferramenta para empresas.

Segundo Copeland, a primeira utilização dos conceitos de real options que se tem registro foi na Grécia antiga a partir de relatos de Sócrates.

Thales, um filósofo sofista da época, previu em algumas folhas de chá que em seis meses haveria uma abundante colheita de oliva. Assim sendo, ele juntou todo dinheiro que tinha e comprou de alguns homens, pelo preço costumeiro da época, o direito de alugar prensas de oliva pela temporada. Após seis meses, sua profecia se concretizou e a colheita de oliva foi muito acima do normal, com a grande demanda por prensas de oliva, o preço do aluguel das mesmas subiu e Thales obteve um grande lucro com a diferença entre o preço por ele pago e por ele cobrado.

Mas qual seria a definição de real options? De forma simples, a análise por real options é uma abordagem que se utiliza da teoria de opções em ativos reais, tangíveis ou não. Enquanto a teoria de opções baseia-se em contratos, a opção real está baseada na identificação e especificação de investimentos estratégicos. E assim como sua “prima” a opção real é o direito, mas não a obrigação, de tomar uma ação, como, por exemplo, adiar, expandir, contratar ou abandonar um investimento.

Em Copeland, faz-se uma analogia muito parecida com uma história já bem conhecida em economia, a analogia do mapa e o modelo, só que neste caso ele faz entre real options e uma viagem e sua respectiva preparação. Suponhamos que uma pessoa deseje viajar de uma cidade a outra, ela analisa um mapa e escolhe a menor rota, a rota mais curta e mais rápida para a viagem. Ao chegar ao meio do caminho ela encontra um trânsito e fica preso no mesmo, pois não sabia o que poderia fazer. Ora se ela tivesse comprado um mapa mais completo, que mostrasse todas as rotas alternativas e um rádio para tomar conhecimento sobre o trânsito nas rodovias, ela estaria investindo em flexibilidade e o tempo que ela poderia poupar mais do que compensaria os custos do equipamento extra.

Assim como nas opções, a teoria de real options é composta por cinco variáveis principais:

1) O valor subscrito de um ativo: neste caso a diferença entre uma opção e uma opção real é que somente no segundo caso é possível ao agente afetar o valor do ativo e, conseqüentemente, nas opções atreladas a esse.

2) O preço do exercício: esta é a quantidade de dinheiro necessária para investir na “compra” de uma opção ou recebida no caso de uma venda.



3) A duração da opção: quanto mais perto de expirar, maior o preço da opção.

4) O desvio padrão do valor com relação ao valor subscrito: Quanto maior o risco de uma opção, maior o valor da mesma.

5) taxa de retorno para investimentos sem riscos: quanto maior a taxa, maior o valor da opção.

Um ponto importante é a questão da volatilidade. Esta variável aumenta o valor da opção, pois se houver grandes flutuações positivas, maiores são as chances da opção valer mais, porém se a flutuação for fortemente negativa a perda máxima sempre será o preço pago inicialmente.

Outro fato importante é o risco. Esta variável, tanto nas opções financeiras quanto nas opções reais, é considerada uma variável exógena ao modelo. Para opções financeiras esta hipótese é bastante verossímil, dada a impossibilidade do proprietário de uma opção influir de alguma forma nos riscos da mesma.

Entretanto, em opções reais, esta hipótese torna-se bastante forte. Isso pode ser percebido ao se entender que na opção real há a possibilidade para seu detentor influenciar seu risco. Para tanto, basta, por exemplo, percebermos que a ação de uma empresa pode mudar as atitudes de seus competidores e, conseqüentemente, a natureza do risco inicial.

Sem embargo, talvez a maior dificuldade da análise de real options seja a sua identificação, e, sobretudo ter o discernimento de diferenciar uma verdadeira opção real do que pode ser apenas uma aposta no futuro. Este assunto é abordado em Copeland & Antikarov (Real Options) através de dois exemplos reais.

O primeiro começou logo após a Segunda Grande Guerra, quando seguradoras americanas competiam ferozmente pelo mercado. Para atrair a demanda, elas começaram a oferecer em uma de suas cláusulas o direito perpétuo de tomar emprestado a uma taxa fixa de 8%. Na época parecia ser um bom negócio para as seguradoras, pois a taxa de juros era de 4% e era inimaginável uma forte alta na taxa de juros, fazendo com que essas empresas não percebessem que estavam oferecendo aos seus segurados a opção de pedir emprestado a uma taxa de 8% ao ano pelo resto da vida. Porém, a década de 80 chegou e com ela as taxas de juros de dois dígitos. Neste

cenário os segurados perceberam a oportunidade de arbitragem e começaram a exercer o seu direito de pedir emprestado à taxa fixa de 8%, e para conseguir suprir a demanda por empréstimos, as seguradoras se viram obrigadas a pedir emprestado a uma taxa de 12%. Isso fez com que várias seguradoras quase pedissem falência neste momento.

O outro exemplo é de uma firma fabricante de turbinas para aviões, que soube perceber as opções que possuía. Neste mercado, o principal objetivo é ter suas turbinas instaladas nas aeronaves. Isso se deve à origem principal de fluxos de caixa deste tipo de empresa advêm da manutenção do equipamento em questão. Desta forma, estas empresas que começaram a comprar aviões para equipá-los com suas turbinas e oferecer leasing para as companhias aéreas. No contrato do leasing havia uma cláusula que permitia à companhia cancelar a entrega da aeronave a qualquer momento, tendo para tal, apenas que pagar uma pequena multa. Antes porém de inserir essa cláusula, as empresas aéreas fizeram uma análise desta opção para os possíveis clientes – companhias aéreas de pequeno e grande porte. O resultado foi esclarecedor. Para empresas que se defrontavam com demandas extremamente variáveis, principalmente para companhias que fazem rotas curtas e que possuem pequenas aeronaves, esse direito de cancelamento era deveras precioso. Assim sendo, as fabricantes das turbinas ofereceram esta cláusula apenas para empresas de maior porte. Esta decisão se mostrou acertada apenas alguns anos depois, quando houve uma grande queda de passageiros e as fabricantes de turbinas pouparam milhões de dólares.

Após este primeiro contato com real options se faz necessário o desenvolvimento de dois pontos. O primeiro é a possível aparência de que a análise por opções reais não passa de um pretexto para aprovar projetos que de outra forma seriam rejeitados. Fica claro que esta afirmativa não é verdadeira ao observarmos que o método de Valor Presente Líquido normalmente sub-avalia o projeto por não considerar a flexibilidade que um agente possui no futuro e, apesar do valor da opção sempre ser positivo, isso não significa que esse é maior que seus custos implícitos.

O segundo ponto é quando a utilização do real options realmente faz diferença na avaliação. O método tem um maior valor, assim como é enumerado em Copeland & Antikarov (2001), quando há três fatores presentes

no modelo: na presença de grande incerteza, quando o agente tem a flexibilidade de responder a essas incertezas e quando o Valor Presente Líquido é próximo à zero. Este último ponto é importante, pois se o valor resultante da análise por VPL é claramente alto e positivo, a adição da flexibilidade terá pequena probabilidade de ser exercida e pouco irá agregar ao modelo. Se, ao contrário, o valor for muito negativo, a inserção de flexibilidade não fará o projeto se tornar positivo. É quando o valor por VPL é próximo a zero, que a análise por real options e a importância da flexibilidade apresentam seus respectivos diferenciais.

Uma matriz apresentada por Copeland & Keenan (1998, n.2) ilustra de forma clara em que momentos a flexibilidade pode fazer a diferença na análise, como podemos ver a seguir na Figura 1.

		<b>Incerteza</b>	
		Probabilidade de obter novas informações	
		Baixa	Alta
<b>Possibilidade de flexibilidade</b> Habilidade de responder	Alta	Valor moderado da flexibilidade	Valor alto da flexibilidade
	Baixa	Valor baixo da flexibilidade	Valor moderado da flexibilidade

1. Grande incerteza sobre o futuro (muito provável receber novas informações ao longo do tempo)
2. Muito espaço para flexibilidade (permite ao agente responder apropriadamente às novas informações)
3. VPL sem flexibilidade é próximo de zero (se um projeto não é nem claramente bom ou ruim, flexibilidade para mudar o curso tem maiores chances de ser usada e por isso mais valiosa) Sob essas condições, a diferença entre a análise por real options e outras

- Figura 1

Um ponto importante para a criação de um bom modelo de opções reais é o entendimento e descrição de cada opção de investimento. O primeiro diz respeito à compreensão dos valores e incertezas conferidas a cada ação, já a segunda descreve as ações necessárias no tempo.

Em seu livro, Amram & Kulatilaka (1999) apresentam uma classificação de opções reais:

### **Espera**

Uma empresa que atua no mercado de petróleo deseja construir uma plataforma de prospecção em resposta ao aumento de preço da *commoditie*. Como se sabe, o preço do petróleo é uma variável importantíssima para que o investimento seja bem sucedido. Investimentos neste setor da economia são sempre em grande escala, e uma queda brusca no preço pode representar uma grande perda para uma empresa. A firma tem, entretanto, a opção de esperar e não fazer o investimento neste momento e postergá-lo, para desta forma obter maiores informações sobre esta variação no preço (se foi um aumento passageiro, ou se ainda permanecerá neste patamar por um longo tempo). Assim sendo, o possível risco evitado com o adiamento do investimento pode compensar as perdas de vendas.

### **Expansão**

Uma empresa, que trabalha com uma rede de representantes independentes, encontra-se em fase de crescimento e decide aumentar seu mercado, mais especificamente em outro país. O investimento inicial para estabelecer toda uma rede sólida de novos representantes para atender à nova demanda é considerável, porém ela também cria a opção de vender toda uma gama de produtos nesta rede estabelecida de vendedores. Este investimento cria a opção futura de expansão que pode vir a superar em valor o retorno do investimento inicial.

### **Faseamento**

Com o lançamento de uma nova tecnologia, um agente deseja modernizar todo o sistema de produção das fábricas que ele possui, isso

representará um investimento de milhões de dólares pelo próximo ano e meio. A princípio, o valor deste alto investimento pareceu um pouco incerto. Desta forma, ele pode fazer o investimento em etapas, e não todo de uma só vez. O término de uma fase do projeto permite vislumbrar outras opções: cancelar o projeto, esperar ou concluir o projeto.

### **Abandono**

Uma empresa petroquímica decide iniciar o desenvolvimento de um novo produto, porém ela ainda está preocupada sobre o mercado potencial para o novo produto, além da dúvida se o órgão responsável do governo concederá a concessão para a fabricação do produto. Mesmo que ela opte por começar o processo de desenvolvimento sem antes ter certeza das questões acima, ela ainda possuirá a opção de abandonar o projeto caso o produto não tenha a aceitação esperada da demanda ou se o governo proíba de alguma forma o produto. Essa opção permite à empresa minimizar as perdas do investimento em um cenário pessimista.

### **Flexibilidade**

Uma empresa de aparelhos de celular fez uma pesquisa de mercado para a comercialização do seu mais novo modelo. Nessa foi constatado que a demanda é incerta e ela está distribuída em dois continentes. Uma análise tradicional indicaria a escolha de um continente e a construção da planta neste lugar, por ser a escolha mais econômica, no sentido mais comum da palavra. Porém, pela análise de opções reais se leva em consideração a flexibilidade existente na construção da planta nos dois continentes, como flutuações na taxa de câmbio, aumento ou diminuição na demanda dos continentes, entre outros fatores. Assim sendo, caso o valor gerado pela flexibilização supere a economia de construir apenas uma planta em um dos continentes, então a empresa deve construir as duas plantas e administrar o excesso de produção.

### **Operação**

Uma empresa de água mineral terceirizou a produção das garrafas para envase. Houve um aumento nas vendas nos últimos anos e agora ela se questiona se não seria melhor ela mesma produzir as embalagens. A

construção da planta cria uma variedade de opções, como parar de produzir as embalagens em períodos de menor demanda, vender para outros produtores de água ou até outros tipos de bebidas, entre outras. O valor dessas opções deveria ser incluído no valor da planta.

### **Aprendizagem**

Uma empresa fabricante de brinquedos tem a escolha de lançar três novos produtos no Natal. Ela, porém, não sabe qual terá maior aceitação no mercado e por isso está em dúvida em qual deles dedicar maiores recursos em marketing. Os três brinquedos, entretanto, apresentam uma opção de aprendizado. Ela tem a alternativa de colocar a venda os três brinquedos simultaneamente em algumas lojas e cidades, para a partir dos resultados definir a estratégia de marketing de forma mais refinada. Podendo, assim, investir mais no brinquedo que obteve melhor resultado segundo a amostra e alcançar uma receita maior no lançamento de âmbito nacional.

Não podemos crer, todavia, que os exemplos apresentados anteriormente representam fielmente a realidade, pois essa é muito mais complexa. Na verdade, ao se tentar por em prática as opções, fica claro que elas estão de alguma forma uma inserida na outra, raramente separadas, o que torna mais difícil o entendimento e a descrição das opções que arranjam uma estratégia.

Além disso, uma outra característica é a possível mudança de opção ao longo do tempo. Esta pequena diferença que separa duas opções pode dificultar a definição da mesma. Por exemplo, um projeto que no início se distinguia como uma opção de faseamento, ao longo do tempo pode adquirir características de uma opção de expansão.

Há uma outra forma de classificação, além da proposta por Amram & Kulatilaka (1999). Nelas as opções podem vir combinadas e com mais de uma fonte de incerteza. Em Copeland & Keenan (1998, n.2), há uma estrutura com sete flexibilidades distintas, a partir de três principais flexibilidades – expandir, esperar e contrair.

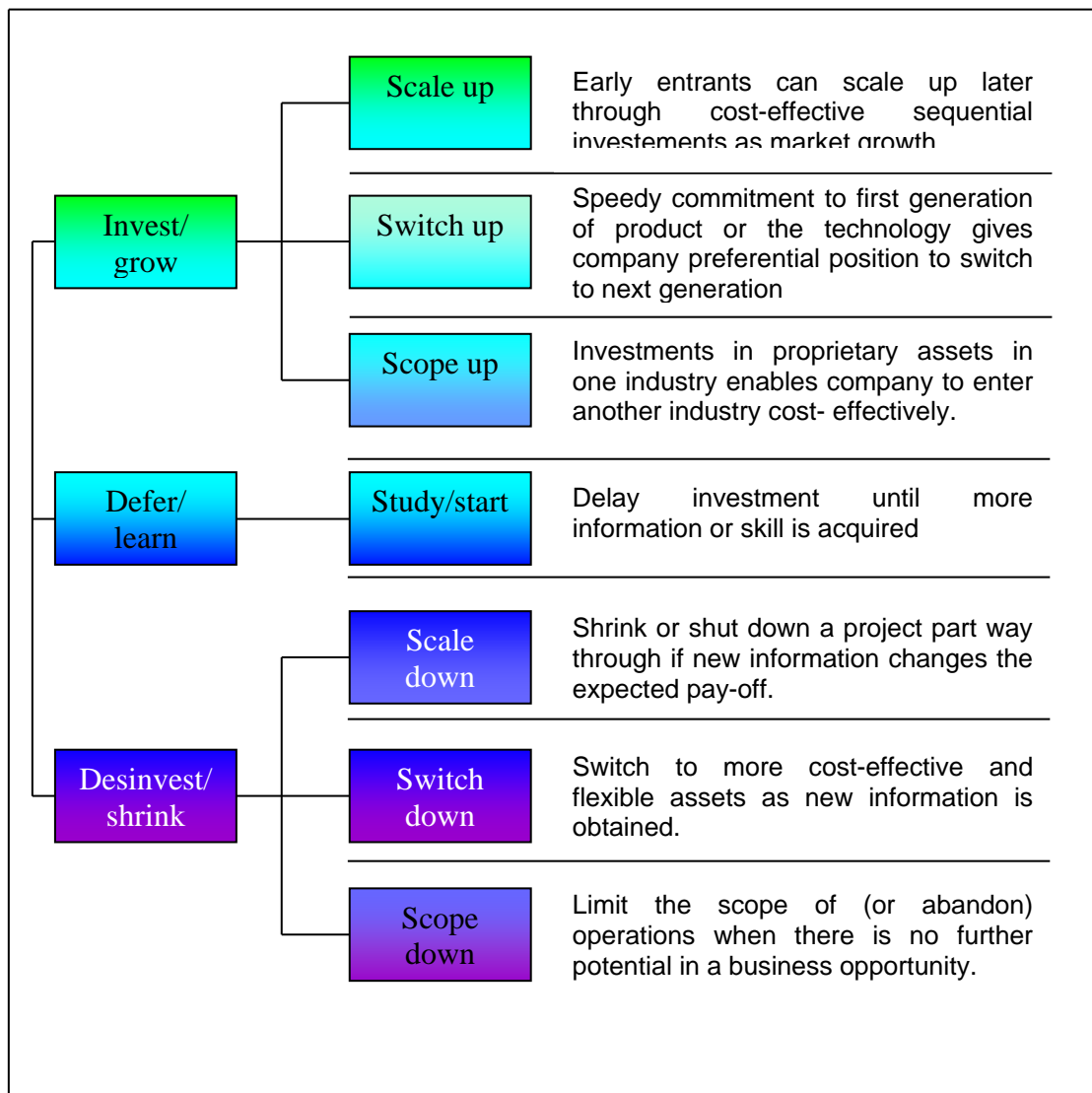


Figura 2

A aplicação da análise por opções reais pode ser feita por algumas formas distintas, todas possuem em suas naturezas vantagens e desvantagens, além de suas respectivas premissas e hipóteses.

Copeland & Antikarov (2001) apresentam um bom exemplo de um processo geral para a aplicação do *real options*. Nele, os autores estabelecem um processo de quatro etapas:

1. A primeira etapa é fazer uma análise tradicional do valor presente líquido do projeto, ao se projetar o fluxo de caixa para o todo período de vida do projeto. O objetivo desses é comparar em seguida do VPL com flexibilidade, considerando-se como parte integrante do valor do projeto as opções reais.

2. Uma árvore de eventos é construída, seus parâmetros são fundamentados nos grupos de incertezas que levam à volatilidade do projeto. Neste caso, não há nenhuma decisão inserida, seu objetivo é a modelagem da incerteza inerente ao ativo em questão ao longo do tempo. Assume-se que as diversas probabilidades de acontecer ou não as incertezas podem ser agregadas, através de uma análise pelo modelo de Monte Carlo, em uma única incerteza chamada de probabilidade de distribuição do retorno do projeto. Esta hipótese é nomeada de abordagem consolidada.

3. No terceiro passo, é acrescentado na árvore as possíveis decisões que o agente pode tomar ao longo do período que transcorre a análise. A partir deste momento, então, a árvore de eventos se torna em uma árvore de decisão.

4. E na última etapa, calcula-se o retorno da árvore de decisão através do método da réplica de *portfolios* ou de probabilidades de risco.

Esta abordagem assume duas hipóteses. A primeira é a *market asset disclaimer*, mais conhecida como MAD, nela é considerado o valor presente líquido, sem flexibilidade, do ativo referente à análise, como se o valor desse fosse comercializado no mercado.

A segunda é baseada no teorema de Paul Samuelson, que chega a conclusão que preços antecipados ou fluxos de caixa flutuam randomicamente. Isso quer dizer que independentemente dos valores que se espera do fluxo de caixa, o valor presente do mesmo muda de forma randômica. Fundamentado neste teorema, torna-se possível agrupar todas as incertezas em uma única análise de Monte Carlo. O teorema é válido a partir da premissa que o agente tem acesso a todas as informações que influem de alguma forma no fluxo de caixa.

Contudo, embora a hipótese de reunir todas as incertezas em somente uma, a do valor do projeto, seja prática e apresente como a incerteza se comportará ao longo do tempo, há casos nos quais ela não se aplica.



Em diversos projetos há grandes incertezas, que são na verdade descontinuidades, quebras estruturais, que não permitem a representação dos mesmos através de funções estocásticas. Este tipo de caso pode gerar um resultado originando uma árvore de eventos assimétrica. Desta forma, em geral se considera independentes as opções diversas entre si, ou seja, as contínuas e descontínuas, no modelo.

Este assunto, a abordagem da opção real de forma mais numérica, será tratado de forma mais profunda no próximo capítulo. Nele serão tratados os métodos matemáticos na inferência de probabilidades nas opções reais, assim como a construção da árvore de eventos e o cálculo efetuado para se encontrar o valor de um projeto considerado o valor da flexibilidade gerada pelas opções.

## **CAPÍTULO 2 - MÉTODOS NÚMERICOS EM *REAL* OPTIONS**

Até esse momento vimos a relação qualitativa entre a análise por *real options* e suas respectivas variáveis. Esse capítulo tratará sobre os métodos numéricos utilizados para o desenvolvimento da análise no que tange os problemas quantitativos.

### **2.1 – Modelo de Black-Sholes**

No cálculo do Valor Presente Líquido, independentemente do período que o modelo abrange, assume-se que a taxa de desconto dos fluxos de caixa será sempre constante, o que não permite captar mudanças por ações gerenciais ou do próprio mercado. Porém, descontar o valor por uma taxa maior não é a melhor forma de inserir essas incertezas, pois pode gerar distorções e induzir à decisões equivocadas. No caso da aferição de um valor à opção, esse fato – tal qual a taxa de desconto – pode ser ainda pior, na medida em que as incertezas neste caso são ainda maiores do que no caso anterior como pudemos observar.

Diante deste problema, os professores Black e Scholes, após demonstrarem que tomar dinheiro emprestado para comprar uma opção dobraria seu risco, abordaram a questão de forma diferente. Eles mostraram que, dado que se conhece o preço de uma ação, é possível aferir o preço de uma opção de compra, de modo que o seu retorno fosse igual ao de se fazer um empréstimo para se comprar uma ação. Isso é o que se chama de modelo de opção de dois estados, pois se assume que o preço futuro da ação só pode assumir dois valores.

Porém, sabe-se que uma ação pode assumir um número infinito de valores em um determinado período de tempo. Isso poderia ser apresentado como algo que inviabilizaria a utilização deste modelo na prática. Entretanto, sabe-se, também, que quanto menor o intervalo do período de tempo considerado, o número de valores possíveis que uma ação pode assumir diminui. De modo que, é racional considerar a hipótese de que em um período

suficientemente curto de tempo o valor de uma ação só pode assumir dois valores. Na verdade, segundo alguns autores, essa foi uma idéia essencial no modelo de Black-Scholes.

Desta forma, o modelo de Black-Scholes é o modelo mais utilizado e difundido para valorar uma opção. Podemos observar a equação do modelo a seguir:

#### Modelo de Black-Scholes

$$C_0 = SN(d_1) - Ee^{-r_f T} N(d_2)$$

$$d_1 = \left[ \ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t \right] / \sqrt{\sigma^2 t}$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t}$$

S = Preço corrente da ação

E = Preço de exercício da opção de compra

r = Taxa contínua livre de risco (anual)

$\sigma^2$  = Variância (anual) da taxa contínua de retorno da ação

t = Tempo (em anos) até a data de vencimento

N(d) = Probabilidade que uma variável aleatória, com distribuição normal padronizada, seja menor ou igual a d

Um dos pontos positivos desta equação para se calcular o valor da opção, é a facilidade de se obter as variáveis supracitadas. A única variável que deve ser estimada é a variância da taxa de retorno. Geralmente, o mercado estima este valor a partir de dados históricos combinados com expectativas de eventos futuros. Em grande parte dos casos em que há uma discrepância entre o valor de mercado da opção e o valor calculado pelo modelo de Black-Scholes é atribuído a algum erro de estimação da variável em questão.

Algo que chama a atenção e vale ressaltar é o fato de que pela equação o valor da opção independe da taxa de retorno esperada da ação, ou seja, investidores podem divergir quanto ao valor de uma ação, mas certamente estarão de acordo quanto ao preço da ação. Isso deriva do fato de que o preço da opção depende do preço da ação, e essa tem em seu preço as diferentes opiniões já consideradas.

Como todo modelo, o modelo de Black-Scholes tem algumas hipóteses consideradas:

- 1 – Não há penalidades ou restrições associadas a vendas a descoberto
- 2 – Os custos de transação e os impostos são iguais a zero
- 3 – A opção é europeia
- 4 – A ação não paga dividendos
- 5 – O preço da ação é contínuo, ou seja, não dá saltos
- 6 – O mercado funciona continuamente
- 7 – A taxa de juros de curto prazo é conhecida e constante
- 8 – O preço da ação tem distribuição lognormal

Estas são condições mínimas e necessárias para o modelo.

## **2.2 – Modelagem por Processo Estocástico**

Existem duas formas de modelar por processo estocástico, a melhor metodologia a ser utilizada dependerá, fundamentalmente, das respostas às seguintes perguntas: 1) O valor do ativo segue uma série geométrica ao longo do tempo ou segue uma série aritmética? 2) O ativo gera fluxo de caixa (dividendos) ou não?

Um processo geométrico (ou multiplicativo) começa com um valor,  $V_0$ , no começo da árvore, então se move para cima ou para baixo através da multiplicação de um parâmetro, que será  $u > 1$  em um movimento para cima; e  $d < 1$  para movimentos para baixo. Apesar de não ser sempre verdade, usualmente se considera  $u = 1/d$ . Esses movimentos verticais estão relacionados com as incertezas, a volatilidade do ativo.

Para ilustrar, vejamos um exemplo numérico (Figura 3). Nele o tempo para o vencimento foi dividido em três períodos, com  $V_0=100$  e  $u=1,1$  e  $d=1/1,1= 0,909$ . Um ponto que vale ressaltar é o fato de que nos períodos de número par o ponto médio é igual a 100; já em períodos de número ímpar, a média geométrica também é igual a 100. No limite, quando o número de períodos tende a infinito, a distribuição das receitas tende a uma lognormal, como apresentado na Figura 4. Outro ponto que vale ressaltar é que, quando o numero de períodos tendem a infinito, a ramificação mais acima terá um valor tendendo a mais infinito, apesar de que a probabilidade tenda a zero, e a ramificação mais abaixo tenderá a zero, na medida em que  $d^t$  tende a 0 quando  $t$  tende a infinito.

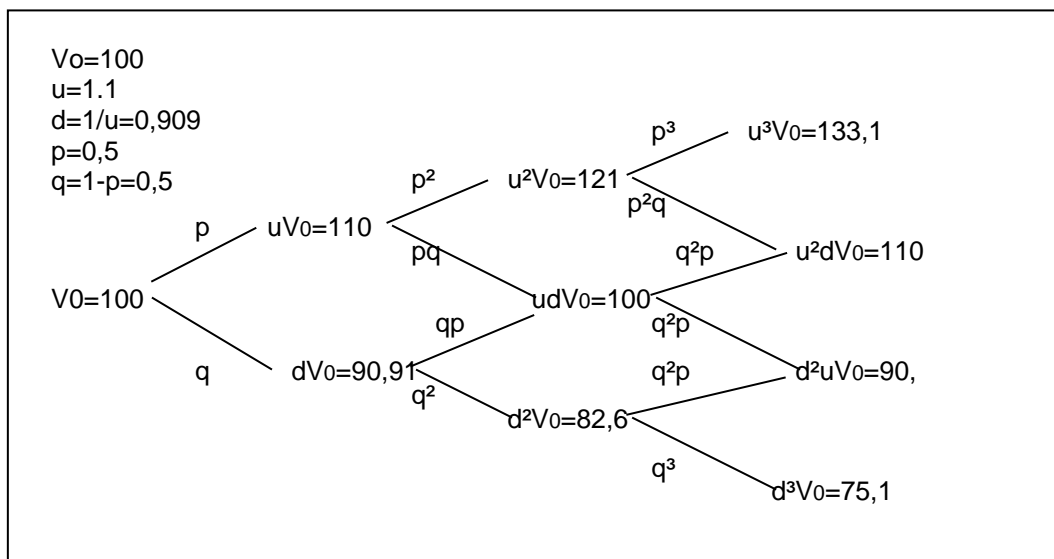
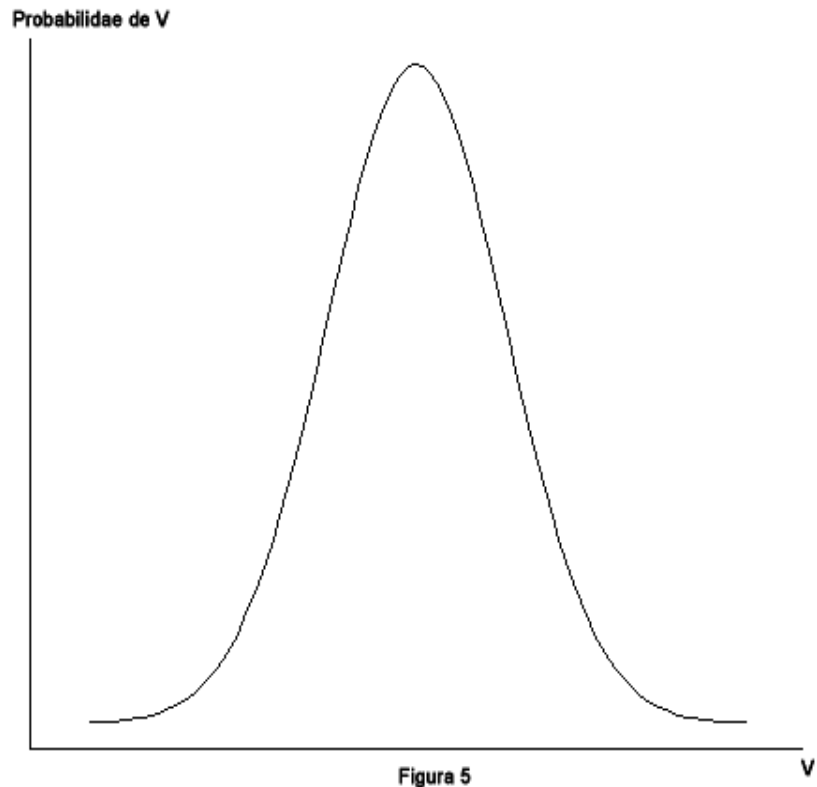


Figura 4



representam uma subtração a  $V_0$ . De modo que, agora as mudanças no valor a cada nodo não é mais proporcional ao nodo anterior, como o era no processo geométrico. Por exemplo, caso se adicione 10 ao valor inicial de 100, estar-se-á adicionando 10% do valor, já se adicionando 10 ao valor de 120, estar-se-á adicionando-se apenas 8%. De modo que, a taxa de crescimento é menor no processo aritmético e a taxa de decrescimento é mais rápido que no processo geométrico. Se os movimentos para cima e para baixo possuem a mesma probabilidade, então no limite o processo geométrico adquire o formato de uma distribuição normal.

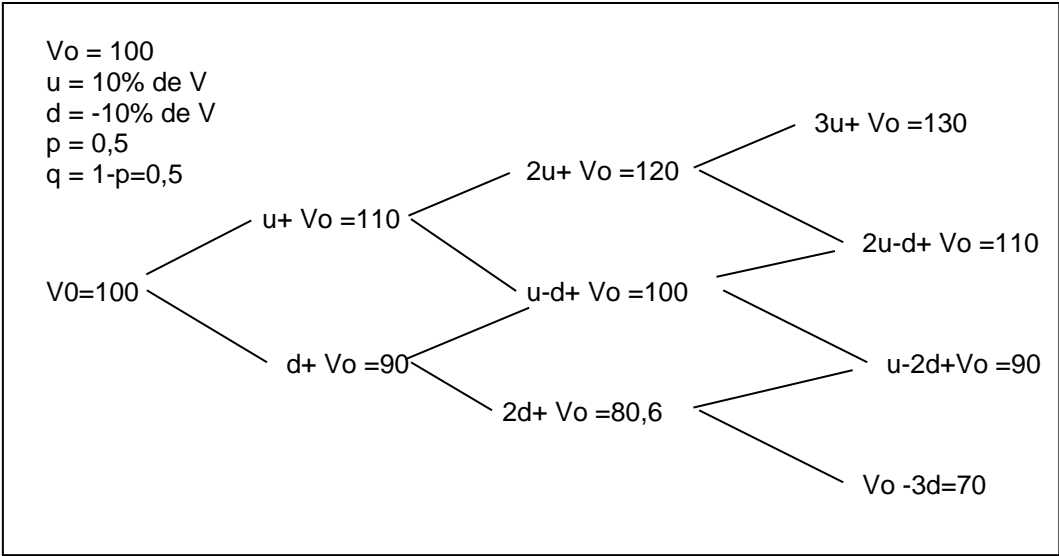


Figura 6

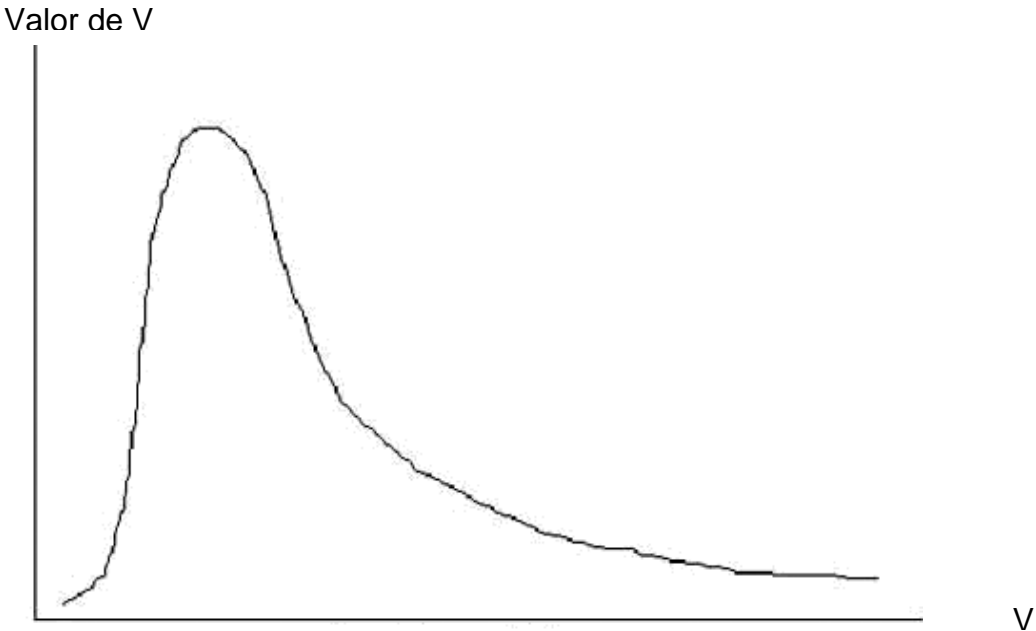
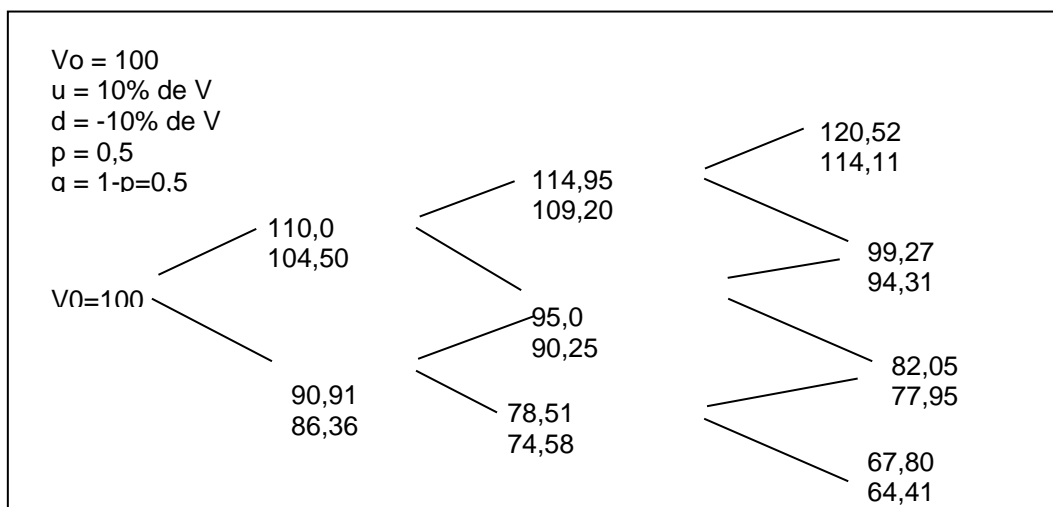


Figura7

Grande parte dos projetos terá fluxos de caixa intermediários que serão possuídos pela empresa. Para manter as propriedades das árvores de evento que descreve o valor do projeto ao longo do tempo, assume-se que os fluxos gerarão uma quantia proporcional ao valor no caso do processo geométrico; e uma quantia constante no caso da aritmética. A Figura 8 e Figura 9 são apresentados dois casos em questão, no processo geométrico considerou-se o fluxo de caixa igual a 5% do valor, enquanto no processo aritmético uma constante igual a 5. Vale ressaltar que as distribuições continuam as mesmas, ou seja, lognormal para o processo geométrico e normal para o aritmético.





### 2.3 – Simulação de Monte Carlo

Um outro modelo muito utilizado é o de Monte Carlo. Nele um retorno esperado é calculado ao se utilizar um procedimento amostral em um ambiente livre de riscos.

Considerando-se uma opção com um retorno em um tempo  $T$  e dependente de uma variável de mercado  $S$ . Pode-se calcular o valor da opção através de uma simulação de Monte Carlo a partir dos seguintes passos, como lista LOPES:

- 1 – Define-se um comportamento randômico para os valores de  $S$  em um mundo sem risco.
- 2 – Calcula-se o retorno para cada  $S$  gerado.
- 3 – Repetem-se os dois primeiros passos para se obter o máximo possível de valores, gerando uma amostra.
- 4 – Calcula-se a média dos retornos para se obter uma estimativa do retorno esperado da opção.
- 5 – Desconta-se o retorno esperado à taxa livre de risco para obter uma estimativa do valor da opção.

## CONCLUSÃO

O método de valuation por *real options* faz um importante acréscimo à teoria de avaliação ao acrescentar a flexibilidade como parte integrante da projeção, permitindo que as possíveis decisões de um agente sejam incorporadas ao valor do ativo em questão.

Isso, entretanto, tem um preço que não pode ser desconsiderado, pois há um nível de complexidade relativamente maior tanto em sua análise teórica, quanto na sua aplicação matemática, quando comparado ao VPL.

Como já foi observado ao longo da monografia, o método de *real options* não é um substituto perfeito ao já conhecido Valor Presente Líquido. Porém, em certas ocasiões, o método de opções reais é preferível ao VPL, contudo, ao observarmos na atualidade, pouco se vê a utilização do MRO para avaliação de investimentos. Isso se deve, principalmente, à inflexibilidade em trocar métodos já consagrados por novos.

Desta forma, o método por *real options* é um passo importante para a teoria de avaliação de investimentos, pois esse acrescenta algo, que antes sempre foi desconsiderado ou utilizado de forma rústica, que é o poder de flexibilidade ao longo do tempo do tomador de decisões. Sua utilização de forma ampla, porém, ainda levará alguns anos, assim como aconteceu com o VPL, pode-se, contudo, afirmar que o MRO é um método que flexibilizará a forma com que se faz *valuation*.

## BIBLIOGRAFIA

COPELAND, Tom; ANTIKAROV, Vladimir. *Real Options: A Practitioner's Guide*  
1ª ed. New York: TEXERE, 2001. 374 p.

AMRAM, Martha; KULATILAKA, Nalin. *Real options managing strategic investment in na uncertain worl*. Boston:Harvard Business School Press, 1999. 246 p.

LOPES, Wander de Lopes. *Uma abordagem para aplicação integrada de cenários de estratégia com avaliação de opções reais em telecomunicações*. 2004. 165f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração.

ALBUQUERQUE, Debora Duque Estrada de. *Avaliação de projetos em petróleo usando “opções reais”: comparação entre os modelos “business” e “rigid cash flow”*. 2006. 171f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Industrial.

TRIGEORGIS, Lenos. *Real options in capital investment: models, strategies, and applications*. London: Praeger, 1995. 364p.