

2 Opções Reais

2.1. Apresentação

Diz-se que a metáfora perfeita que se pode fazer entre uma empresa e o mundo animal é a da empresa “canguru”: não é forte como um urso nem rápida como uma tigre, mas é capaz de mudar prontamente de direção. Em arenas competitivas onde cada vez mais reinam a incerteza e a constante mudança, ter a habilidade de mudar rapidamente de direção pode significar a diferença entre sobreviver ou perecer.

A grande proposição das opções reais é ser um instrumento que leve em consideração esta flexibilidade nas análises de investimentos, desde os mais operacionais aos mais estratégicos.

É inegável que opções reais demandam uma mudança radical na forma de pensar em estratégia. A prática comum nas Organizações é desenvolver estratégias mutuamente exclusivas, comparadas através de métricas financeiras. Na maioria dos casos, valor presente líquido do fluxo de caixa referente à estratégia em questão.

Se o cenário for de baixo custo para mudar de estratégia e as incertezas envolvidas forem grandes, análises flexíveis, compostas por alternativas estratégicas diferentes, são mais adequadas que análises mutuamente excludentes. É importante que a escolha estratégica não seja um apanhado de alternativas excludentes, mas sim um *portfolio* de opções que possam ser exercidas durante o tempo conforme a evolução da incerteza e do custo da mudança de opção.

Similarmente às opções financeiras, o valor de uma opção real depende do valor a ser investido, do preço de venda (receita), da magnitude das subidas e descidas do preço e da probabilidade de que as mesmas ocorram¹.

Como dificuldades para tratar com opções reais, destacam-se a diferenciação entre uma legítima opção de posicionamento estratégico e uma mera aposta no futuro, a determinação das condições de contorno da opção e a modelagem e valorização das variáveis.

De certo, independentemente do critério de classificação de opções adotado, um aspecto importante é a identificação de todas as opções existentes dentro da estratégia definida, descrevendo-as e entendendo-as.

Outro ponto importante é como isolar as opções identificadas umas das outras, compreendendo como uma influencia positiva e/ou negativamente a outra e avaliando seus valores e incertezas.

Antes de pensar em equações, fórmulas, etc, é fundamental ter claramente mapeadas as opções envolvidas, até mesmo para poder se definir qual é a melhor modelagem matemática a ser utilizada. Especial atenção deve ser dedicada na apuração das variáveis, em especial das incertezas envolvidas.

A proposta de utilização de modelos matemáticos mais sofisticados, como processos estocásticos para refletir a evolução no tempo das variáveis envolvidas na definição de uma opção de investimento, é válida e pode apresentar bons resultados, porém exige um conhecimento matemático profundo, além de demandar esforço de modelagem, processamento e levantamento de informações.

A seguir, serão introduzidos os principais conceitos, métodos de cálculo, considerações e exemplos de aplicação de opções reais.

¹ Certamente, este critério para escolha de um investimento é bem mais rigoroso do que o tradicional critério de Marshall (se o valor presente dos lucros dividido pelo valor presente dos investimentos for maior que 1, então o investimento deve ser feito).

2.2. Histórico

Segundo Copeland & Keenan (1998), o primeiro registro da aplicação do conceito de opções reais foi encontrado nos manuscritos de Aristóteles. Ele conta como Thales o melesso, um filósofo sofista, a partir de algumas folhas de chá, previu que haveria uma abundante colheita de olivas em seis meses. Com pouco dinheiro, ele se aproximou dos donos de algumas prensas de olivas e comprou o direito de alugar suas prensas pelo valor comum da época. Quando a safra recorde veio e os cultivadores estavam demandando fortemente prensas de olivas, Thales alugou as prensas para estes cultivadores a um valor bem acima do mercado, pagou o valor negociado anteriormente com os donos das prensas e ficou com a diferença. Esta é a prova definitiva de que o sofismo, além de ilustre profissão, pode ser bem lucrativo.

Segundo a revista *BusinessWeek* – June 7th, 1999 (*FINANCE: Exploiting Uncertainty – The real-options revolution in decision-making*), pode-se dizer que o nascimento das opções reais deu-se nos anos 70, com a criação do primeiro modelo de precificação de opções financeiras que tinha como pilar a volatilidade: o modelo de BLACK-SCHOLES. Como bem se sabe, esta abordagem foi responsável pela criação global dos contratos de derivativos que atualmente movimentam enormes somas em todo o mundo.

A mesma referência diz que a primeira pessoa a usar o termo “opções reais” foi *Stewart C. Myers*, do Instituto de Tecnologia de *Massachusetts*, em 1977. As primeiras aplicações registradas foram na avaliação de petróleo, gás, cobre e ouro. A partir daí, as empresas que trabalhavam com este *commodities* passaram a ser as grandes usuárias de opções reais.

Embora os primeiros estudos envolvendo a aplicação de opções no estudo de investimentos reais remetam há mais de 25 anos, seu uso vem se difundindo e tem se acelerado.

Certamente, o advento da clássica fórmula de BLACK-SCHOLES representou uma grande contribuição para o estudo em finanças. A partir daí, diversos artigos e pesquisas foram feitos, ainda basicamente no âmbito financeiro devido a disponibilidade dos dados necessários.

Nos últimos 30 anos, desde a descoberta de *Merton*, *Black* e *Scholes*, a difusão de opções reais tem sido impressionante. Dentre os fatos que ajudaram a fomentar a aplicação da teoria de opções em ativos reais, podemos destacar o aumento da capacidade de processamento dos computadores (hardware e software). Atualmente, um gerente de planejamento pode, com um excel em uma máquina razoável e baixando o programa diretamente de *sites* específicos na internet, rodar uma simulação de Monte Carlo para levantar uma distribuição de frequência do valor de um projeto.

Uma outra ferramenta escolhida pelos pesquisadores para ilustrar suas descobertas em finanças foram as equações diferenciais estocásticas. Sem dúvida, uma ferramenta nada amigável para aplicações corporativas em opções reais.

No Brasil são inúmeros os exemplos de estudos considerando opções reais. Por exemplo, somente na biblioteca da PUC-Rio existem cadastrados vinte trabalhos² relacionados ao tema.

Os estudos brasileiros mais corriqueiros sobre a teoria de opções reais versam sobre viabilidade econômica de projetos envolvendo commodities, em especial petróleo, gás³ e energia.

Estas aplicações, na maioria dos casos, consideram decisões de expansão e/ou postergação de uma decisão de explorar um poço de petróleo, por exemplo, mediante a flutuação de condições de mercado⁴, em especial o preço do petróleo ou até mesmo tecnologia. No caso de energia, principalmente após a privatização, as análises tratam, dentre outras, da decisão de investir na construção de usinas de geração de energia.⁵

Apesar da maior ênfase dos estudos brasileiros ser em energia e petróleo, há também trabalhos em outros campos, como a consideração da opção de esperar o momento certo de início de construção de um empreendimento imobiliário⁶ ou a

² Pesquisa feita na biblioteca em 04 de Março de 2004

³ Carvalhinho Filho (2003)

⁴ Os exemplos de aplicação de opções reais em petróleo são inúmeros. Como exemplo pode-se citar Neto (2002), Yang (2001) e Dezen (2001)

⁵ Trata-se de outro extenso campo de aplicação de opções reais. Um exemplo pode ser visto em Castro (2000) e Soito (2002)

⁶ Medeiros (2001)

opção de uso de combustível alternativo.⁷ Outros tipos de estudo observados são mais amplos, questionando, por exemplo, o valor obtido por de uma empresa privatizada em leilão⁸ ou o valor de uma empresa.⁹

Existem estudos no Brasil sobre aplicação de opções reais associada à volatilidade (Monteiro, 2003) e estratégia (Salles, 2002). Especificamente, porém, relacionando opções reais integradas a análise de cenários, ainda há bastante sobre o que se discutir e refletir.

⁷ Magalhães (2002)

⁸ Berrêdo (2001)

⁹ Harckbart (2001), Lopes (2001) e Bronstein (2000)

2.3. Motivadores para o Uso de Opções Reais

Copeland & Antikarov (2001) fazem uma boa analogia entre a aplicação tradicional do NPV e opções reais. Imagine-se planejando uma viagem de carro entre *Boston* e *Los Angeles*. No mínimo, é preciso ter um mapa, para escolher a melhor rota e possíveis alternativas no caso de um engarrafamento ou um desvio para o caso de fatos totalmente inesperados, porém possíveis. Pensando num investimento, o valor presente líquido trata apenas do fluxo de caixa “esperado” ou “planejado”, descontado a uma taxa constante porque se assume que o risco é constante durante a vida do investimento. Este fluxo de caixa descontado é como planejar a viagem assumindo que a rota planejada será única e que não haverá problemas de engarrafamento nem desvios. Ou seja, não há margem para considerar-se flexibilidade diante de fatos inesperados.

O NPV calcula o valor de projeto baseando-se em previsões de entradas e saídas de caixa descontadas por uma taxa fixa que representa o *WACC* (custo médio ponderado de capital, em inglês). Tal abordagem, além de tentar prever o imprevisível, não valoriza a capacidade dos executivos em reagir às mais diversas situações e sua influência na geração de valor de um projeto. Outra evidência da fragilidade do NPV é a forte tendência observada nas empresas em estabelecer taxas de retorno extremamente superiores ao seu custo de capital, como forma de compensar as incertezas e variações dos cenários.

Quando questionado se estava convencido de que o razoável tempo e dinheiro gastos para uma análise baseada em opções reais valiam mais a pena do que basear as decisões na sorte, o Sr. *Phil Beccue*, especialista em planejamento estratégico da grande empresa farmacêutica *Amgen* admitiu que não, complementando¹⁰:

“...But, as you'll see, the power of this is that it gives us the ability to capture management flexibility. That's why real option valuation is catching on.”

Um dos motivadores do uso de opções reais é a adoção do paradigma de raciocinar segundo a lógica de opções. Avaliar o valor de uma empresa ou projeto

¹⁰ *Valdmanis, T. Corporate execs examine strategic tool. A new way to assess risk arrives. USA TODAY, pg. 05.B, May 12, 1999*

baseando-se em opções reais vai muito além de simplesmente comparar evolução de receita ou *price – earnings ratio*. Ao utilizar a avaliação de opções reais, os tomadores de decisão são forçados a raciocinar, a refletir muito além do que estão acostumados a fazer, contemporizando holisticamente como aquela opção se encaixa na estratégia global do negócio e na sua arena competitiva. Valoriza a capacidade de seus executivos em tirar vantagem das opções existentes para a empresa.

Segundo a revista *BusinessWeek – June 7th, 1999 (FINANCE: Exploiting Uncertainty – The real-options revolution in decision-making)*, Lewis E. Platt, ex-CEO da *Hewlett-Packard Co* disse:

“Anyone who tells you they have a 5- or 10-year plan is probably crazy. This is the age of scenario planning. You need not only speed but agility.”

Para tratar tal perspectiva, faz-se necessário que as Organizações criem possibilidades distintas para poder melhor reagir conforme os fatos aconteçam. Pode ser que algumas opções não valham a pena, mas provavelmente haverá as que valem. Como os executivos de uma grande multinacional enxergam as opções reais: é como plantar sementes. Certamente haverá muitas que não vingarão. O objetivo é ter muitas sementes plantadas

Pois é exatamente isto que opções reais preconiza. Visa ser uma reverência à atual realidade composta de incertezas e à inegável verdade de que não se pode tentar traduzir complexos mercados, como o de telecomunicações, em um cenário único. É uma abordagem que encara as dificuldades causadas pela incerteza como um mar de oportunidades.¹¹

11 Como disse *Paul E. Greenberg*, consultor da *Analysis Group/Economics* em *Cambridge, Massachusetts*: “*uncertainty has the potential to be your friend, not your enemy.*”

2.4. Principais Definições

2.4.1. Opções Financeiras

Considere a opção de comprar uma ação por \$100 hoje, num momento onde seu preço de mercado é de \$80. Se a volatilidade deste mercado não for grande, certamente esta opção a \$100 não valerá muito (as chances desta ação atingir um valor igual ou superior a \$100 são poucas). Por outro lado, se a volatilidade é alta, certamente haverá uma chance razoável de que este valor, \$100, seja até superado. Isto faz com que uma opção de comprar a \$100 valha bastante. É óbvio que o preço pode cair, mas a perda estará limitada, independentemente do valor inferior a \$100 que a ação alcançar (vai virar pó...).

Uma opção é um contrato que dá o direito ao seu titular, dependendo do seu tipo, de comprar ou vender o ativo-objeto da opção. Uma opção pode ser de compra ou de venda e o ativo-objeto pode ser uma ação, uma *commodity*, ou, o que é objeto deste trabalho, um projeto real. Usa-se a expressão “exercício da opção” para o ato de comprar ou vender o ativo-objeto da opção.

Algumas definições caracterizam uma opção:

1. Valor da opção: é quanto se deve pagar pelo contrato. É determinado pelo mercado e reflete a expectativa do mercado quanto ao valor final do ativo-objeto
2. Preço de exercício: é o preço fixado no contrato, a ser utilizado pelo titular do contrato caso este decida “exercer” a opção (comprar ou vender o ativo)
3. Data de vencimento: é a data em que o contrato da opção vence, ou seja, quando se deve decidir exercer ou não o direito de compra ou venda
4. Opções européias: caracterizam-se por poder ser exercida apenas na sua data de vencimento
5. Opções americanas: podem ser exercidas a qualquer momento até a data de vencimento.
6. *In the money*: se diz sobre a opção cujo preço do objeto à vista é maior do que o preço de exercício, gerando uma diferença positiva

7. *Out of money*: se diz sobre a opção cujo preço do objeto à vista é menor do que o preço de exercício, gerando uma diferença negativa

2.4.1.1.

Um exemplo simplificado:¹²

Um investidor, com a expectativa de que o preço das ações da empresa KJFN suba, compra uma opção de compra de um lote de 100 ações por \$100. Dependendo do preço da ação na data de vencimento, teremos:

PREÇO NA DATA DE VENCIMENTO	AÇÃO
\$80	Não exercer a opção, pois valerá zero
\$120	Comprar as ações e vendê-las no mercado, obtendo um ganho de \$20: \$120 - \$100

Quadro 1: Exemplo de opção de compra

Um segundo investidor, com a expectativa de que o preço das ações da empresa YWSX caia, compra uma opção de venda de um lote de 100 ações por \$100. Dependendo do preço da ação na data de vencimento, teremos:

PREÇO NA DATA DE VENCIMENTO	AÇÃO
\$80	Comprar as ações a \$80 e exercer a opção, vendendo-as a \$100, obtendo um ganho de \$20: \$100 - \$80
\$120	Não exercer a opção, pois valerá zero

Quadro 2: Exemplo de opção de venda

¹² Para exemplos com maiores detalhes, ver Ross, S. A.; Westerfield, R. W.; Jaffe, J. F. Administração Financeira – CORPORATE FINANCE. São Paulo: Editora ATLAS, 1995. p. 437-445

Quando se fala em opção de compra sobre um dado ativo e o ativo em si, é importante destacar uma diferença fundamental. Ao adquirir o ativo em definitivo (seja ele um *portfolio* de ações ou um projeto real), o investidor expõe o valor do seu ativo a variações favoráveis ou não, em função da volatilidade do mercado (pode ser a volatilidade dos preços das ações que compõe o *portfolio* como também a volatilidade da demanda que gerará o fluxo de caixa que remunerará o projeto real). A opção de compra, por outro lado, concede o direito ao investidor de adquirir o ativo dentro de um dado prazo. Durante este prazo, o investidor pode analisar o comportamento da volatilidade do ativo-objeto da sua opção e, se a volatilidade for favorável ao ativo, ao final do prazo de vencimento, o investidor exerce seu direito de compra adquirindo o ativo. Devido a este aspecto, a volatilidade do valor do ativo-objeto aumenta o valor de mercado de sua opção de compra.

Analisando duas opções de compra de mesmo preço de exercício¹³, porém com expectativas de valor do ativo-objeto diferentes, devido a sua volatilidade, vemos que o ativo “B” pode gerar retornos extraordinariamente baixos ou altos, enquanto que o “A” pode gerar retornos ou prejuízos moderados. Como, para uma opção, a decisão é sim ou não, exercer ou não, um prejuízo extraordinário (“B”), que na verdade sempre será zero – não exercer a opção, independente da diferença entre o preço de exercício e o valor do ativo-objeto na data de vencimento, não é pior do que um prejuízo moderado (“A”). O que variará é o ganho extraordinário, que aí sim refletirá a diferença entre o preço de exercício e o valor do ativo-objeto na data de vencimento. Logo, espera-se que a opção de compra do ativo “B” tenha um valor de mercado maior que o do ativo “A”.

¹³ Ver exemplo detalhado em Ross, S. A.; Westerfield, R. W.; Jaffe, J. F. Administração Financeira – CORPORATE FINANCE. São Paulo: Editora ATLAS, 1995. p. 446-447

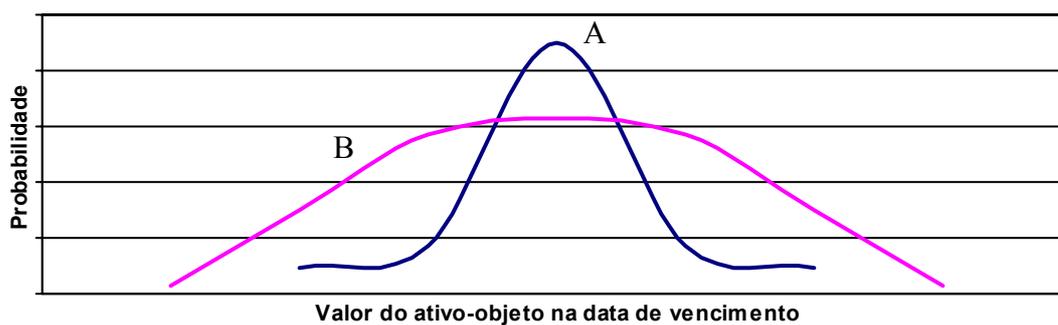


Figura 1: Valor de uma opção e sua volatilidade, segundo Ross (1995), p. 447

Podemos dizer, então, que o valor final de uma opção de compra é diretamente proporcional à expectativa de valor do ativo-objeto na data de vencimento, à volatilidade do ativo-objeto, à taxa de juros utilizada para descontar a diferença do valor entre o preço de exercício e o valor do ativo-objeto e ao tempo restante até a data de vencimento. Como também é inversamente proporcional ao seu preço de exercício.

2.4.2. Opções Reais

As variáveis de uma opção impactam de forma direta, positiva ou negativamente, o seu valor. Os efeitos de cada variável de uma opção sobre seu valor podem ser sumarizadas da seguinte forma:

VARIÁVEL	OPÇÃO EUROPÉIA DE COMPRA	OPÇÃO EUROPÉIA DE VENDA	OPÇÃO AMERICANA DE COMPRA	OPÇÃO AMERICANA DE VENDA
Preço da ação	+	-	+	-
Preço de exercício	-	+	-	+
Prazo de vencimento	?	?	+	+
Volatilidade	+	+	+	+
Taxa livre de risco	+	-	+	-
Dividendos	-	+	-	+

Quadro 3: Resumo do efeito de cada variável sobre o valor de uma opção, retirado de Hull (1989), p. 169.

Resumidamente, uma opção real, similar à opção financeira, está sujeita a cinco variáveis:

1. Valor do ativo em questão. Uma diferença relevante com relação à financeira, é que no caso da opção real os donos da opção, os executivos, podem influenciar diretamente o valor do ativo em questão e conseqüentemente da sua opção.
2. Preço de exercício: o valor que se paga para executar a opção.
3. Tempo para a opção expirar: diretamente proporcional ao tempo da opção
4. Desvio padrão do risco do ativo: quanto maior o risco, maior a probabilidade de esta opção gerar um ganho maior. Ou um prejuízo.
5. Taxa livre de risco: o valor da opção aumenta quanto maior for a taxa livre de risco.

Damodaran (1996) sugere três abordagens em casos de avaliação de opções com a possibilidade de exercício antes da data de vencimento. A primeira é adotar a fórmula padrão de BLACK-SCHOLES (sem nenhum ajuste), como uma estimativa conservadora do valor da opção. A segunda é, a partir das potenciais datas de exercício, calcular o valor da opção para cada uma delas. Por fim, Damodaran (1996) propõe o uso de árvores binomiais modificadas para o exercício antecipado, embora esta alternativa apresente uma grande dificuldade para estimar os preços de cada nó da árvore.

Outra consideração é sobre a volatilidade. Independente do seu sentido de flutuação (aumentando o preço ou diminuindo-o), ela aumenta o valor da opção quanto maior for sua flutuação. Para o dono de uma opção de compra, quanto maior a flutuação, e a chance de que o preço da ação suba, melhor. Se o preço cair, ele perde no máximo o que pagou pela opção.

Tanto na opção real quanto na financeira, o risco é assumido como uma variável exógena. Para opções financeiras, esta é uma premissa bem razoável. A incerteza da taxa de retorno de uma ação está além do controle ou capacidade de influência de quem tem a opção.

No caso de opções reais, no entanto, esta premissa é questionável. As ações que uma empresa toma tem influência sobre as opções reais que detém sobre seus investimentos (suspender/expandir produção, por exemplo). Isto pode afetar as atitudes dos competidores e conseqüentemente a natureza da incerteza sobre as opções reais da empresa.

Adicionalmente à dificuldade de lidar com todas as complexidades de opções reais, existe a questão de identificar a opção real e, principalmente, de diferenciá-la de uma simples aposta no que vai acontecer no futuro. Este tema é tratado por Copeland & Keenan (1998, n.2.), através de dois exemplos:

Logo após a segunda grande guerra, em plena expansão econômica norte-americana, as empresas de seguro nos EUA competiam ferozmente na venda de apólices de seguro de vida. Uma das cláusulas oferecidas era o direito de empréstimo em dinheiro do valor da apólice a uma taxa fixa de 8% (numa época em que a taxa de juros era na faixa de 4%). Naquele momento era inimaginável uma alta da taxa de juros, logo as seguradoras não deram muita importância ao fato de estar oferecendo uma opção, para uma vida inteira, de contrair empréstimo a uma taxa fixa de 8% ao ano. Pois bem, vieram os anos oitenta e as taxas de juros

de dois dígitos. Naquele momento, os segurados começaram a exercer seus direitos de contrair empréstimos a 8% e a aplicar o valor a 12%. Isto forçou as companhias de seguro a fazer exatamente o inverso: captar a 12% e emprestar a 8%! Muitas quase foram à falência por simplesmente não terem atentado para a opção que estavam oferecendo em suas apólices de seguro.

Outro exemplo interessante, agora de um segmento que atentou para as opções envolvidas em seu negócio, advém dos fabricantes de turbina para aviação. Neste segmento altamente competitivo, o objetivo era sempre ter suas turbinas nas asas da aeronave. Existe uma explicação: os contratos de manutenção de turbina por 30 anos, uma prática comum, garantiam o fluxo de caixa das empresas. Logo, estas empresas passaram a comprar aeronaves, a equipar com suas próprias turbinas e a fazer leasing para as companhias aéreas. Estes *leasings* davam o direito às companhias aéreas de cancelar a entrega das aeronaves a qualquer momento. Estas teriam que pagar apenas uma pequena multa. Antes de comercializar estes *leasings*, porém, as empresas de turbinas fizeram uma análise do valor desta opção de cancelamento para empresas aéreas de pequeno e grande porte (ver Figura 2).

The value of cancellation options

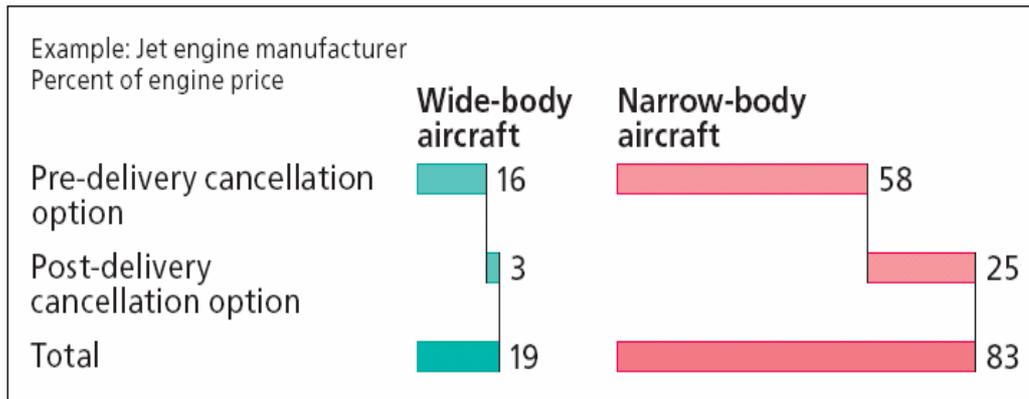


Figura 2: Valor de opção de cancelamento. Exemplo retirado de Copeland & Keenan (1998, n.2.), p. 42.

Para os mercados que tinham uma grande flutuação na demanda, especialmente os de rotas curtas e aeronaves pequenas, esta opção de cancelamento era extremamente valiosa. Logo, as empresas de turbinas passaram a comercializar este *leasing* somente para aeronaves de grande envergadura. Nos anos posteriores a esta decisão, o volume de passageiros caiu vertiginosamente em toda a indústria e graças a esta análise e a mudança na política do *leasing*, as empresas de turbinas economizaram milhões de dólares.

Estes dois exemplos demonstram que o dia-a-dia corporativo está repleto de opções e que muitas vezes não se dá a devida atenção e importância a elas. Vale ressaltar, no entanto, os aspectos que diferenciam uma opção real de uma simples aposta no que vai acontecer no futuro. Fundamentalmente, uma opção é caracterizada pela incerteza sobre o que vai acontecer no futuro e pela capacidade gerencial em tomar atitudes significativas rapidamente a medida que o cenário vai ficando menos nebuloso. Quando a Organização não pode tomar decisões gerenciais de peso diante das flutuações, então não é uma opção, mas uma aposta no que vai acontecer no futuro.

Identificar uma clara opção real, separando-a de uma mera aposta no que pode acontecer no futuro, pode ser um tarefa difícil. Copeland & Keenan (1998 n.3.) resumiram as mais comuns opções reais em cada setor (ver Quadro 4).

Situations generating real options, by sector		
Aerospace and defense Valuing options in customer contracts (eg, the cancellation of features)	Consumer/packaged goods Learning options for new product R&D and test marketing	Pharmaceuticals and medical products Establishing priorities among prospective R&D projects
Assembly and machinery Timing of investment in new factories	Electronics Entry or exit options in the PC assembly business	Pulp and paper Timing of forest harvesting
Automotive Valuing decisions to modify new car designs well into product development cycles	Energy Learning options in timing the development of oil and gas fields	Retail Timing of expansion into foreign markets
Banking and securities Valuing real estate leases	Insurance Valuing such contingency features as loans against value of policies	Telecommunications M&A programs for geographic expansion
Chemicals Timing of investment in new factories	Media and entertainment Planning new product launches	Transportation The option to extend or contract routing structures (eg, railroad spurs)
	Metals Learning options in timing the development of new mines	

Quadro 4: Típicas situações geradoras de opções reais, por setor.

Suponhamos que uma empresa decida investir no lançamento de um novo produto para um específico nicho de mercado em todo o país. O investimento necessário é da ordem de \$100 milhões e existe uma grande incerteza quanto a demanda deste novo produto. Caso não haja o contínuo acompanhamento desta futura demanda e, principalmente, a possibilidade de se tomar ações para mudar o curso deste investimento conforme o cenário fique cada vez menos nebuloso, não se trata de uma opção real e sim de uma aposta no futuro (“...vamos investir e cruzar os dedos...”).

Imaginemos agora o mesmo exemplo, mas da seguinte forma: uma alternativa de se fazer um piloto em um mercado menor e formador de opinião, ao custo de \$10 milhões, e depois sim fazer o lançamento no mercado nacional um ano depois ao custo de \$110 milhões. O imediato desembolso de \$10 milhões em um piloto agora dá o direito à Organização de proceder com o lançamento nacional, investindo \$110 milhões, caso as lições aprendidas com o mercado piloto e os resultados gerados sejam satisfatórios. Caso os resultados não sejam satisfatórios, a empresa não incorrerá no custo adicional.

Embora o valor total do investimento seja maior, faz sentido, economicamente falando, pensar que o valor deste direito é ainda maior quanto maior for a incerteza da demanda. Certamente isto pode levar a decisão de não fazer o lançamento nacional de uma só vez (economizando \$100 milhões), o que já pagaria o custo de criar a opção (\$10 milhões).

De acordo com a experiência de Copeland & Antikarov (2001), três fatores estão associados e são determinantes para o uso de opções reais. Quando há uma grande incerteza, quando os executivos têm condição de responder com ações a estas incertezas e quando o NPV convencional é próximo a zero.

A utilização de opções reais se mostra mais interessante quando estão envolvidos altos níveis de incerteza e quando a decisão gerencial certa no momento certo durante o investimento faz a diferença, em especial se o projeto em questão, analisado a luz de seu valor presente líquido convencional, é deficitário ou está em seu ponto de equilíbrio.

Para projetos que envolvam pouca incerteza e que tenham o valor presente líquido convencional extremamente favorável ou muito deficitário, a flexibilidade gerencial não será necessária ou não poderá operar milagres. Nestes casos não faz muito sentido utilizar opções reais.

Copeland & Keenan (1998, n.2) propõem uma matriz para avaliar em quais situações a consideração da flexibilidade gerencial pode fazer diferença (Figura 3).

		Uncertainty Likelihood of receiving new information	
		Low	High
Room for managerial flexibility Ability to respond	High	Moderate flexibility value	High flexibility value
	Low	Low flexibility value	Moderate flexibility value

Flexibility value greatest given

1. High uncertainty about the future (very likely to receive new information over time)
2. Much room for managerial flexibility (allows management to respond appropriately to this new information)
3. NPV without flexibility is near zero (if a project is neither obviously good nor obviously bad, flexibility to change course is more likely to be used and therefore more valuable)

Under these conditions, the difference between ROV and other decision tools is substantial

Figura 3: Identificação de uma opção real

Para estimar as incertezas associadas a uma opção (tamanho potencial de um mercado, mudanças tecnológicas impactando os custos, etc) é a proposta de Damodaran (1996) propõe:

1. Se anteriormente projetos similares foram desenvolvidos, as variâncias reais dos fluxos de caixa destes projetos podem ser utilizadas como estimativa. Isto, por exemplo, pode ser a forma como a Gillette possa estimar a variância associada à introdução de uma nova lâmina de barbear.
2. Probabilidades podem ser associadas a vários cenários de mercado, onde cada cenário pode ter seu fluxo de caixa e respectiva variância estimada. Alternativamente, a distribuição de probabilidade pode ser estimada para cada um dos inputs de análise do projeto – tamanho do mercado, *market-share*, margem de lucro, etc – e simulações podem ser usadas para estimar a variância do valor presente do fluxo. Esta abordagem tende a funcionar bem quando há uma ou no máximo duas fontes de significativa incerteza sobre o futuro fluxo de caixa. Em termos práticos, a distribuição de probabilidade de inputs como tamanho de mercado e *market-share* podem ser obtidos por teste de mercado, por exemplo.
3. A variância no valor de uma empresa entre empresas do mesmo segmento (de acordo com a natureza do projeto) pode ser utilizada como uma estimativa da variância. Logo, por exemplo, a variância média do valor de uma empresa entre empresas envolvidas no segmento de software pode ser utilizada como a variância no valor presente de um projeto de software.

2.4.3. Classificações de Opções Reais

Um passo importante para a modelagem de opções reais é descrever e entender cada opção de investimento. Descrição das ações requeridas no tempo (o que deve ser feito quando) e entendimento dos valores e incertezas atribuídas a cada uma das ações.

Amram & Kulatilaka (1999), propõem e ilustram uma classificação para tipos de opções reais:

Espera

Sob a perspectiva de aumento de consumo de um dado produto, embora sem a certeza do tamanho e da duração do *boom* de consumo, uma empresa pode expandir sua capacidade de produção, o que requererá um grande volume de recursos. A empresa tem, porém, a opção de esperar para fazer este investimento até tenha um maior conhecimento sobre esta demanda (tamanho, duração, sensibilidade a preço, etc). Neste caso, pode ser que o risco evitado pela postergação do investimento compense as vendas perdidas (tanto as que se deixou de vender quanto as que foram atendidas pela concorrência) com o investimento tardio.

Expansão

Uma empresa de bens de consumo, que trabalha com uma rede de representantes de vendas independentes, pretende entrar em um novo mercado, em outro país. O investimento inicial de estabelecer uma organização para atender ao mercado deve ser considerável, mas pode criar a opção de vender toda uma linha de produtos através de sua bem estabelecida rede de vendedores. O investimento deve criar opções de futuras expansões que superem em valor os retornos do investimento inicial.

Faseamento

O executivo de operações de uma empresa fez uma proposta para modernizar o sistema de produção de todo o parque fabril, que representará um investimento de milhões de dólares durante os próximos dois anos. Os benefícios do projeto, porém, parecem ainda incertos. Esta empresa tem a opção de investir no novo sistema em etapas, ao invés de fazer tudo de uma só vez. A conclusão de cada fase do projeto abre a perspectiva de outras opções: continuar o projeto, esperar ou abandonar o projeto. Todas estas opções devem ser consideradas quando da decisão do projeto.

Abandono

Uma empresa farmacêutica desenvolveu e patenteou uma molécula nova, mas está com dúvidas quanto ao potencial mercado para este novo produto, quanto à aprovação do órgão governamental, quanto à capacidade de produção,

etc. Uma vez que a empresa decida por iniciar a produção e comercialização do produto, ela ainda terá, a qualquer momento, a opção de abandonar o projeto se a demanda prevista não se materializar ou se as exigências governamentais forem muito rígidas. A opção de abandonar o produto cria o valor de minimizar o risco de perda com o investimento.

Flexibilidade

Uma empresa de aparelhos de celular está diante da decisão de como produzir e comercializar seu mais novo modelo. A demanda é incerta, porém as previsões indicam que estará espalhada por dois continentes. Uma análise mais tradicional aponta como resposta mais econômica a construção de uma planta em um continente no lugar de construir e operar duas plantas em dois continentes. Esta análise, contudo, não considera o valor da opção de flexibilidade criada pela construção de duas plantas: a opção de responder rapidamente a mudanças na demanda, taxas de câmbio, custos de produção, problemas de distribuição, etc. Se o valor de todas estas opções superarem a economia gerada pela construção de apenas uma planta, então esta empresa deveria construir duas plantas e carregar o excesso de capacidade de produção.

Operação

Uma empresa de software terceirizou a produção e distribuição de seus cd-rom. Suas vendas têm crescido bastante e agora ela se pergunta se não é melhor economicamente construir sua própria planta de produção. Construir sua própria planta abre um leque de opções: fechar a fábrica em épocas de baixa, produzir cd-rom de terceiros, vender capacidade ociosa, etc. Os valores destas opções devem ser adicionados ao valor da planta.

Aprendizagem

Um estúdio de *Hollywood* está na iminência de lançar três filmes durante a época do natal. Os executivos estão em dúvida em saber qual o filme fará o maior sucesso, para dedicar a ele a maior quantidade de recursos de marketing. Os três filmes, porém, apresentam uma opção de aprendizagem. Eles podem lançar os três filmes simultaneamente em apenas alguns cinemas e cidades, para, a partir dos resultados obtidos, refinar o plano de marketing. A partir do resultado nas cidades

selecionadas, eles podem, por exemplo, lançar em nível nacional o de maior sucesso e dedicar a ele a maior parcela dos recursos de marketing.

É claro que o mundo real é muito mais complexo do que os exemplos apresentados anteriormente. Na prática, as opções estão sempre “embutidas”, umas dentro das outras, raramente separadas, o que dificulta ainda mais a descrição e o entendimento das opções que compõem uma estratégia.

A linha que separa um tipo de opção da outra é tênue, ou seja, muitas vezes uma opção pode mudar suas características no tempo. Por exemplo, um investimento pode começar criando opções de faseamento que podem se confundir no tempo com as de expansão.

Além do exemplo de Amram & Kulatilaka (1999), as opções podem ainda vir combinadas (*nested real options*) e com mais de uma fonte de incerteza (*rainbow options*). Copeland & Keenan (1998, n.2), na Figura 4, propõe um arcabouço com sete distintas flexibilidades gerenciais, a partir de três principais naturezas de flexibilidade gerencial (expandir, esperar e contrair):

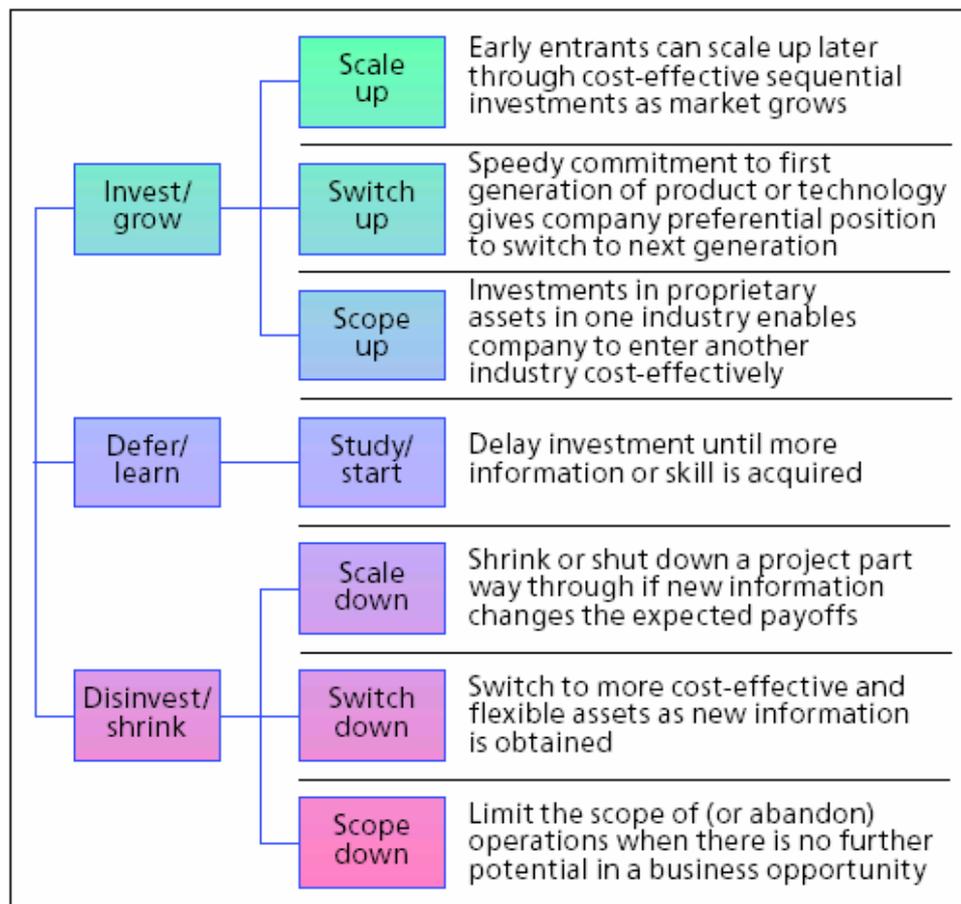


Figura 4: Exemplo de tipologia para classificação de opções reais

Ao se falar sobre as opções de expansão progressiva do investimento (*growth staircase*), deve-se sempre ponderar o custo de ser o segundo a entrar em um dado mercado (gastos de propaganda, etc) com as benesses de se ganhar experiência sobre um novo produto em um mercado menor antes de um lançamento em grande escala. Ainda na linha de expandir/crescer, existe a alternativa de aquisição. Esta deve sempre ser encarada como uma alternativa para aquisição de uma dada capacidade ou infra-estrutura. Feita em etapas, com a possibilidade de se poder vender um negócio adquirido que não foi bem sucedido, pode também ser tema de análise via opções reais.

Na opção de aprender e postergar uma decisão de investimento, o executivo paga pelo direito de adquirir mais informação sobre sua fonte de incerteza ou sobre tecnologia (literalmente, paga para aprender). Esta opção só existe se a informação é tão relevante que pode modificar uma decisão futura de investimento. Novamente, deve-se ponderar o benefício que esta informação pode trazer X o seu custo de obtenção. Um exemplo é a empresa de exploração de petróleo que no lugar de planejar a capacidade de produção de sua plataforma, ela decide investigar melhor sobre a quantidade de petróleo disponível para exploração. Isto pode economizar investimentos desnecessários em capacidade produtiva, por exemplo.

Em alguns casos, o valor da opção não está diretamente relacionado ao ativo envolvido, mas a outras opções que surgem. Estes casos são denominados como opções compostas, podendo assumir diversas formas: adquirir o direito de comprar uma opção de compra (*call on a call*), etc. Geske (1979) desenvolveu uma fórmula analítica para avaliar opções compostas, substituindo durante o cálculo a distribuição normal adotada em opções comuns por uma distribuição bivariável.

Opções compostas de ativos reais podem ser bem complicadas de se analisar. Imagine o caso de um investimento faseado. Uma programação de uma série de expansões de uma planta pode ser considerado como uma série de opções simples, porém separadas, ou em uma grande foto, como uma grande opção composta. Não é necessário dizer qual abordagem é a mais factível. Na maioria absoluta dos casos, faz mais sentido aceitar como uma estimativa conservadora porém factível uma análise simples de cada opção.

Uma outra interessante variação de opções é quando a opção em questão apresenta mais de uma fonte de incerteza. Estas opções são conhecidas como *rainbow options*. Como um exemplo, consideremos os investimentos de uma empresa para ter o direito de lançar um novo produto. Além da evidente incerteza referente à penetração / tamanho do mercado, existe também a questão do preço. Na prática, assume-se que se tem certeza de uma das variáveis e trabalha-se com aquela “mais incerta”. Ao analisar o valor final da opção, porém, o impacto desta simplificação deve ser considerado nas conclusões finais.

2.4.4. Uma abordagem Para Configuração de Opções Reais

Uma boa ilustração de um método geral para a aplicação da avaliação de opções reais é a apresentada em Copeland & Antikarov (2001)¹⁴. Trata-se de um processo de quatro etapas:

1. Primeiramente, faz-se uma análise convencional do valor presente líquido do projeto. Faz-se uma projeção do fluxo de caixa durante toda a vida do projeto. O objetivo é posteriormente fazer uma comparação do NPV com flexibilidade, considerando as opções reais.
2. Constrói-se uma árvore de eventos, baseada no grupo de incertezas que conduzem a volatilidade do projeto. Esta árvore não tem nenhuma decisão embutida, sua intenção é modelar a incerteza que influencia o valor do ativo em questão durante o tempo. Assume-se, neste caso, que na maioria dos casos as múltiplas incertezas podem ser combinadas, via uma análise de Monte Carlo, em uma única incerteza: a probabilidade de distribuição do retorno do projeto. Esta premissa é denominada de abordagem consolidada.
3. Como terceiro passo, coloca-se na árvore as decisões que o nível executivo da organização pode tomar durante o transcorrer do tempo. A partir daí, a árvore de eventos passa a ser uma árvore de decisão.
4. Finalmente, para calcular o retorno da árvore de decisão, utiliza-se o método de réplica de *portfolios* ou de probabilidades livre de risco.

¹⁴ Para um desenho esquemático desta abordagem, ver Copeland, T.; Antikarov, V. *Real Options – a practitioner’s guide*. New York: TEXERE, 2001, p. 220

Esta abordagem assume duas hipóteses. A primeira é a chamada MAD (*marketed asset disclaimer*) que usa o valor presente líquido do ativo que referenda a opção, sem flexibilidade, como se fosse um ativo negociado em mercado. A segunda é baseada no teorema atribuído a Paul Samuelson (1965), primeiro ganhador do Nobel de economia, que diz que preços antecipados ou fluxos de caixa flutuam randomicamente. A implicação é que, independentemente dos “caminhos” que se espera de um fluxo de caixa, as mudanças no valor presente do fluxo de caixa se comportam randomicamente. Baseado neste teorema, é possível combinar qualquer número de incertezas em uma única análise de Monte Carlo. Este teorema é válido desde que o investidor tenha acesso a todas as informações deste fluxo de caixa.

Esta premissa é poderosíssima, pois até mesmo o mais complexo grupo de incertezas que podem afetar um fluxo de caixa de uma opção real pode ser reduzido em apenas uma simples incerteza – a variabilidade do valor do projeto.

Conforme mencionado na segunda etapa, através de uma planilha ou de programas existentes (Crystal Ball, etc), é possível combinar várias incertezas em apenas uma, através da análise de Monte Carlo¹⁵.

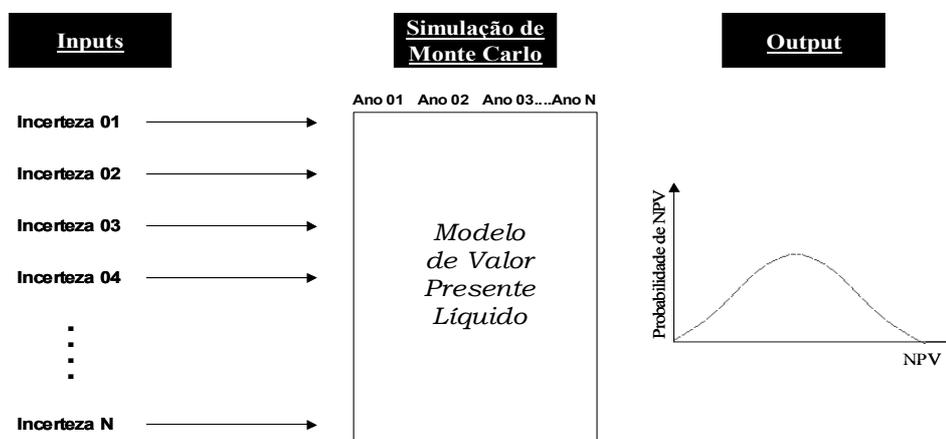


Figura 5: Processo de simulação de Monte Carlo segundo Copeland & Antikarov (2001), p. 245.

¹⁵ Para uma descrição de como fazer esta simulação utilizando Monte Carlo, ver Copeland, T.; Antikarov, Vladimir Real Options – a practitioner’s guide. New York: TEXERE, 2001, p. 245-251.

Embora a premissa de compilar todas as incertezas em uma só, a do valor do projeto, seja útil e represente como realmente e continuamente a incerteza se comporte no tempo, existem casos onde ela não se aplica.

Em muitos projetos, existem incertezas importantes que na verdade são grandes descontinuidades, por conseguinte não podem ser representadas suavemente por funções estocásticas. No caso de telecomunicações podem-se mencionar mudanças de tecnologia e aspectos de regulamentação como exemplos de incertezas que causam descontinuidade. Este tipo de incerteza, quando resolvida, pode fazer com que a árvore de eventos fique assimétrica. Um exemplo é a incerteza quanto ao parecer do FDA¹⁶ sobre uma nova molécula. Quando o resultado é apresentado, o valor do projeto muda drasticamente. Se for positivo, aumenta exponencialmente, se é negativo, o valor do projeto vai a zero. Logo, é impossível representar esta incerteza através de uma estimativa em uma árvore binomial.

Geralmente, os casos de opções com incertezas de naturezas distintas, contínuas e descontínuas, são tratadas de forma independente e no mesmo modelo. As contínuas são representadas por um movimento browniano e as descontínuas são consideradas independentes das contínuas e diminuem com o tempo¹⁷.

2.4.5. Uma Abordagem Para Análise de Opções Reais

Luherman (1998, n°1), apresentou uma abordagem dos conceitos de opções reais na avaliação de projetos utilizando como base uma opção financeira simples (com apenas uma data para exercer a opção *European call*) e suas similaridades com as oportunidades de investimentos corriqueiras:

1. Valor presente dos ativos operacionais X preço da ação;
2. Valor necessário para o investimento X preço de exercício da opção;

¹⁶ Agência do governo norte-americano que regulamenta alimentos e drogas

¹⁷ Para uma exemplificação deste caso, veja Copeland, T.; Antikarov, Vladimir Real Options – a practitioner's guide. New York: TEXERE, 2001, p. 271-279.

3. Tempo em que a decisão de investir ou não pode ser postergada X tempo para a opção expirar;
4. Risco do projeto em si X o desvio padrão do retorno das ações que compõe a opção;
5. Taxa de retorno para investimentos sem risco

A partir desta correlação e adotando o modelo precificação de opções de BLACK-SCHOLES, Luehrman (1998, n°1) combina as cinco variáveis em apenas duas métricas de valorização de opção para avaliação de projetos de investimentos.

Embora apresente algumas simplificações, este exemplo ensina duas grandes lições: a aplicação do conceito de opções reais é factível e é imprescindível entender a natureza do investimento para escolher a opção que melhor o represente.

Dando continuidade ao trabalho anteriormente mencionado, Luehrman (1998, n°2) usa uma interessante metáfora entre opções e uma horta de tomates. Em síntese, um experiente jardineiro (CEO) sabe quais os tomates certamente gerarão excelentes tomates na época da colheita (opções a serem exercidas) e os que seguramente não (opções que virarão pó). Este bom jardineiro sabe ainda classificar (valorizar) os tomates que ficaram entre estes dois extremos em, por exemplo, grupo de tomates que podem vir a gerar bons frutos, grupo de tomates que pouco provavelmente darão bons frutos, grupo de tomates que é melhor colher agora porque não ficarão melhores do que isto, etc. Mais importante do que esta classificação, é que este experiente jardineiro sabe que as condições climáticas e o próprio potencial dos tomates podem mudar e mais, que ele pode intervir na horta, antecipando ou postergando a colheita de específicos tomates, molhando e fertilizando os tomates mais promissores, etc. Ou seja, não é uma mera questão de escolher ou não um tomate, mas sim de atuar e monitorar as opções para tentar influenciar seu valor e extrair o máximo delas.

A partir desta metáfora, Luehrman (1998, n°2) prossegue, a partir do seu *option space* proposto no trabalho anterior, definindo regiões e classificações para as opções (Figura 6).

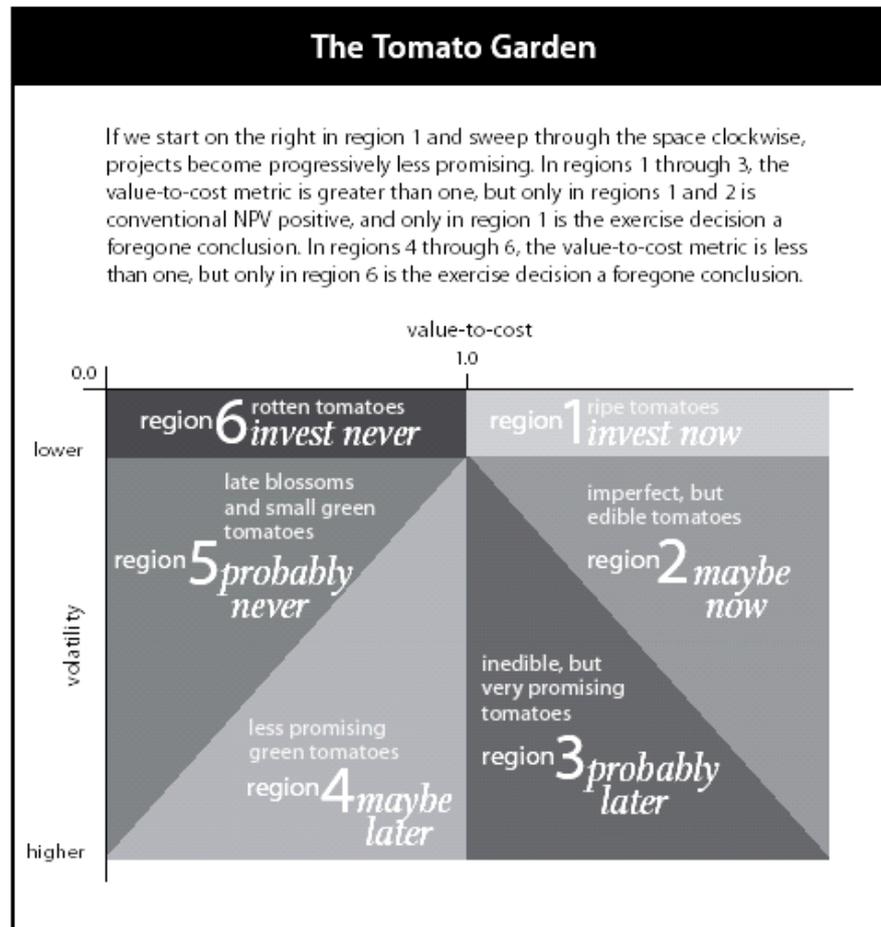


Figura 6: Matriz de decisão para opções reais, proposta por Luehrman (1998, n°2), p. 93.

A partir deste modelo, Luehrman (1998, n°2) exemplifica como a variação do valor global de um *portfolio* de investimentos pode variar muito utilizando um fluxo de caixa descontado simples e utilizando a abordagem de opções reais. Ao abordar como opções reais, o processo decisório não se restringe a simplesmente classificar os projetos em “sim” e “não”, mas em eleger os “sim”, eliminar os “não” e destacar os que se deve esperar e, principalmente, trabalhar para que virem “sim”.

O “trabalhar para que virem sim” depende das mudanças que podem ocorrer na arena competitiva e, principalmente, de como o talento gerencial da organização atua para fazer com que as opções se movam o máximo para a direita e para cima. Utilizando uma abordagem de opções reais é possível fazer o monitoramento das opções de forma contínua, ao passo que utilizando a abordagem convencional de fluxo de caixa descontado não.

2.5. Modelos Matemáticos

Até então, vimos a relação qualitativa entre o valor de uma opção e suas variáveis. Porém, como refletir quantitativamente esta relação?

Embora existam outros (Monte Carlo, funções estocásticas, etc), sem dúvida, o modelo mais difundido e utilizado para valorar uma opção é o modelo de BLACK-SCHOLES.

Em qualquer cálculo de valor presente líquido, independentemente do prazo em questão, assume-se que a taxa a ser utilizada é constante, o que não reflete mudanças advindas das ações gerenciais e da própria volatilidade da arena competitiva. Por outro lado, descontando o dado valor por uma taxa muito alta, numa tentativa de se refletir estas incertezas, pode gerar distorções e até mesmo induzir a decisões equivocadas. No caso da tentativa de se valorar uma opção, esta dificuldade – qual a taxa de desconto – é ainda maior porque geralmente uma opção tem um risco maior que o do seu ativo-objeto.

Diante desta dificuldade, BLACK e SCHOLEs, depois de mostrar que utilizar um empréstimo para comprar uma opção duplicaria seu risco, abordaram o problema de uma maneira diferente. Eles mostraram que, conhecendo-se o preço de uma ação, poderia se calcular o preço de sua opção de compra de tal forma que o seu retorno fosse igual ao da operação de obter um empréstimo para comprar uma ação. Isto é o que se chama modelo de opções de dois estados, pois se assume que o preço futuro da ação só pode assumir dois valores.

Na prática, sabe-se que em um dado período de tempo uma ação pode assumir uma infinidade de valores. Este fato inviabilizaria a aplicação deste modelo no mundo real. Contudo, sabemos também que estas infinitas possibilidades de valor a ser assumido por uma ação diminuem a medida que se diminui o intervalo de tempo a ser considerado. É razoável pensar, portanto, na hipótese de que há somente duas possibilidades para o preço de uma ação no próximo instante infinitesimal¹⁸. Na verdade, segundo Ross, Westerfield & Jaffe (1995), esta foi a idéia fundamental do modelo de BLACK-SCHOLES: uma

¹⁸ Um tratamento completo desta suposição pode ser encontrado em Cox, J., Rubinstein, M. Options Markets, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1985, cap. 5

combinação específica da ação com um empréstimo duplica uma opção de compra num horizonte de tempo infinitesimal. Através do contínuo ajuste no tempo desta combinação, se consegue duplicar a opção de compra no tempo.

Modelo de BLACK-SCHOLES:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rt}N(d_2)$$

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

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

S = Preço corrente da ação

E = Preço de exercício da opção de compra

r = Taxa contínua livre de risco (anual)

σ^2 = Variância (anual) da taxa contínua de retorno da ação

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

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

Numa aplicação para cálculo do valor de uma opção, a maioria dos variáveis acima mencionadas é facilmente obtida. Vale a pena destacar a variância da taxa de retorno¹⁹. O mercado geralmente se baseia em dados históricos combinados com expectativa de eventos futuros para estimar este valor. Em muitos casos, a discrepância entre o valor gerado pela fórmula de BLACK-SCHOLES e o valor de mercado de uma opção é atribuída à estimativa da variância. A fórmula de BLACK-SCHOLES é uma das maiores contribuições em finanças, pois com poucos parâmetros, onde somente um é estimado (variância da taxa contínua de retorno da ação) e os demais obtidos, pode-se calcular o valor de uma opção.

Chama a atenção o fato de que o valor da opção independe da taxa de retorno esperada da ação, ou seja, distintos investidores podem divergir em termos de expectativa de retorno, mas certamente irão concordar quanto ao valor da

¹⁹ Uma tentativa mais aprofundada de estimação da variância pode ser encontrado em Cox, J., Rubinstein, M. Options Markets, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1985

opção. Isto se deve ao fato de que o preço da opção depende do preço da ação e este por si só já leva em conta as divergências existentes.

Apesar de sua grande utilidade, o modelo apresenta condições severas:

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 as condições mínimas e necessárias para que o modelo funcione. Observa-se, no entanto, variações desta aplicação quando alguma condição não é atendida (por exemplo, distribuição de dividendos, etc).

Uma outra modelagem utilizada para opções reais é através de funções estocásticas. Esta abordagem, embora seja mais verossímil na representação dos movimentos de incerteza de algumas variáveis, é mais complexa.

2.5.1. Funções Estocásticas

Um processo estocástico caracteriza-se por uma variável que evolui no tempo, podendo ser pelo menos em parte randômica. Esta pode ser ainda discreta ou contínua. Podemos mencionar como exemplo a temperatura em Boston ou o preço da ação da IBM.

Existem processos que são denominados como estacionários, pois as propriedades estatísticas de suas variáveis (variância etc.) permanecem constantes a cada período de tempo analisado (temperatura de Boston, por exemplo). Quando temos o contrário, estamos diante de um processo não-estacionário (exemplo da ação da IBM). Estes processos podem ainda ser discretos ou contínuos no tempo.

Vários modelos matemáticos podem ser derivados, fixando ou variando a probabilidade dos saltos, o tamanho dos saltos etc. Todos estes processos

respeitam o princípio de Markov: a distribuição de probabilidade para X_{t+1} depende exclusivamente de X_t , sem interferência do que aconteceu antes do tempo t . O princípio de *Markov* é importante, pois simplifica bastante a análise de um processo estocástico, especialmente os contínuos no tempo.

Um processo de *Wiener*, também chamado de movimento Browniano, é um processo estocástico e contínuo no tempo. Este tem, por sua vez, três importantes características: respeita o princípio de *Markov*, possui incrementos independentes (as distribuições de probabilidade dos incrementos, em qualquer intervalo de tempo, são independentes entre si) e mudanças no processo em um intervalo de tempo finito têm distribuição normal, com uma variância que aumenta linearmente com o intervalo de tempo.

A equação de um processo de *Wiener*: $dz = \varepsilon_t \sqrt{dt}$ (onde dz é o incremento do processo, dt é o de tempo e ε_t é uma variável randômica de distribuição normal). A generalização mais simples de um processo de *Wiener* é o movimento Browniano simples com desvio²⁰:

$$dx = \alpha dt + \sigma dz$$

Neste caso, dz é o incremento do processo, dt é o de tempo, α é o parâmetro de desvio e σ o de variância e ε_t é uma variável randômica de distribuição normal de um processo x .

Ao analisarmos um modelo de processo randômico discreto, aplicando os princípios de um processo de *Wiener*, chegamos à conclusão que este, levado ao limite, é igual a equação de um movimento browniano. Conhecido como processo de Ito, podemos chegar à equação generalizada de um movimento browniano simples com desvio:

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dz$$

²⁰ Para ver um exemplo da aplicação do movimento browniano, ver Dixit, A. K., Pindyck, R. S. *Investment under Uncertainty*. USA: PRINCETON university, 1994, p. 66-70.

Neste caso, $a(x,t)$ e $b(x,t)$ são funções conhecidas e não-aleatórias. A diferença é que agora o desvio e a variância são funções do tempo e situação atual. Uma importante aplicação desta equação geral é o movimento browniano geométrico²¹, onde $a(x,t) = \alpha x$ e $b(x,t) = \sigma x$. O modelo originalmente desenvolvido por McDonald & Siegel (1985) para a decisão sobre quando investir em um projeto que pode ser postergado utilizou um modelo geométrico browniano.

Das duas mais conhecidas técnicas para tratamento de incertezas em decisões de investimentos são a programação dinâmica e análise de estado de contingência. Na verdade, são bem similares, porém se distinguem no tocante a considerações sobre mercados financeiros e taxas de desconto para fluxos de caixa.

A programação dinâmica apregoa que se podem tratar incertezas partindo uma seqüência de decisões em dois momentos: a decisão imediata e uma função que encapsule todas as conseqüências das possíveis decisões subseqüentes, partindo dos resultados da decisão imediata.

Já a análise de estado de contingência baseia-se na economia e no mercado financeiro. Uma empresa que detém um projeto na verdade detém um ativo representado por um fluxo de entrada e saídas de recursos sujeito durante o tempo a eventos incertos. Baseando-se no leque de opções de mercados bem diversificados, replica-se o investimento a ser analisado através de um *portfolio* de ativos que represente, em termos de valor e risco, durante o tempo, o investimento real.

Ambas abordagens são similares, pois permitem trabalhar com maximização de funções, horizontes de tempo contínuos, etc, para buscar o resultado matemático ótimo de decisões típicas de opções reais (postergação, abandono, etc.). Embora similares, apresentam algumas distinções, como, por exemplo, a taxa de desconto: enquanto na programação dinâmica esta é definida previamente ao cálculo, na análise de estado de contingência é derivada como uma implicação do equilíbrio total do mercado de capitais. Para maiores detalhes, ver Fleming & Rishel (1975), Krylov (1980), Cox e Rubinstein (1985) e Hull (1989).

²¹ Para maiores detalhes, ver Dixit, A. K., Pindyck, R. S. *Investment under Uncertainty*. USA: PRINCETON university, 1994, p. 71-78

2.5.2. Árvore Binomial

Uma outra abordagem muito utilizada para análise de opções são as árvores binomiais. Embora não considere a variação do risco em cada período, esta abordagem apresenta graficamente as possíveis alternativas que a opção pode ter. A única hipótese assumida é de que não existem oportunidades para arbitragem, em outras palavras, é possível montar um *portfolio* de ações e opções de tal forma que não haja incerteza sobre o valor do mesmo ao final do período. Desta forma, podemos calcular o custo de compor o *portfolio* e o preço da opção.

Generalizando, consideremos uma ação S_0 e o preço atual da sua opção de f que dure um período T . No momento T , o ativo pode assumir dois valores: S_0u (movimento de subida) ou S_0d (movimento de descida) e a opção passa a valer f_u e f_d , respectivamente.

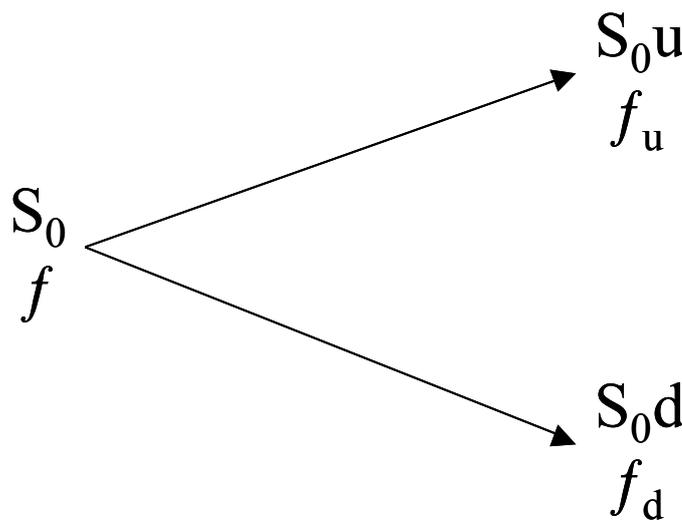


Figura 7: Movimentos de subida e de descida de árvore binomial

Imaginemos agora um *portfolio* composto de Δ ações e de uma opção. A quantidade Δ de ações para que o *portfolio* não tenha risco e para que seja remunerado segundo uma taxa livre de risco deve ser tal que satisfaça a seguinte equação:

$$S_0u\Delta - f_u = S_0d\Delta - f_d$$

Ou seja,

$$\Delta = (f_u - f_d) / (S_0u - S_0d)$$

O parâmetro Δ , além de representar a quantidade de ações que se deve ter para assegurar um retorno livre de risco em um *portfolio* composto adicionalmente por uma opção, é também a relação entre os incrementos no preço da ação em questão e os incrementos no valor da opção.

Sendo livre de risco, este *portfolio* deve ser remunerado por uma taxa livre de risco. O seu valor presente é, então:

$$(S_0u\Delta - f_u) e^{-rT}$$

O custo de compor o *portfolio* é:

$$S_0\Delta - f$$

Logo:

$$f = e^{-rT} [pf_u + (1 - p)f_d] \quad (I)$$

Onde:

$$p = (e^{rT} - d) / (u - d)$$

Com esta fórmula, é possível precificar uma opção com um modelo binomial de um passo.

Chama a atenção que em momento nenhum a questão de incerteza surgiu. E como já se sabe, o valor da opção é proporcional às suas probabilidades de subida e descida. Embora possa parecer estranho, isto ocorre porque a precificação de opção feita não é em termos absolutos da opção, mas em relação ao preço da ação. As probabilidades de subida e de descida já estão incorporadas ao preço da ação.

Apesar de não haver nenhuma menção direta à probabilidades de subida e de descida, podemos considerar, conforme equação (I), que p é a probabilidade de subida e que $1 - p$ é a de descida.

Com esta consideração, podemos derivar que o preço esperado da ação no momento T é dado por:

$$E(S_T) = S_0 e^{rT} \quad (\text{II})$$

Isto mostra que o preço da ação cresce proporcional à taxa livre de risco. Logo, ao assumir a probabilidade p de subida da ação estamos considerando seu retorno igual a de uma taxa livre de risco.

Esta conclusão nos leva a *risk-neutral valuation*. Em um ambiente livre de risco, os investidores não requerem nenhuma compensação pelo risco e o retorno esperado para todos os ativos é a taxa livre de risco. A equação (II) mostra que estamos assumindo um ambiente livre de risco quando consideramos uma subida p da ação.

Este resultado é um exemplo de um importante princípio em precificação de opções, *risk-neutral valuation*. Este princípio diz que é válido assumir o ambiente como livre de risco ao precificar opções. Os preços de opções resultantes deste “mundo sem risco” são correto também no mundo real.

O mesmo raciocínio aplicado no caso de uma árvore binomial de um passo pode ser generalizado para uma de dois passos. O preço inicial da ação é S_0 e durante cada passo no tempo, de tamanho Δt , este preço pode subir até u vezes seu valor inicial ou descer d vezes seu valor inicial. A taxa livre de risco vale r e a notação para o valor da opção permanece o mesmo (para o momento inicial, f e, por exemplo, se a ação subiu duas vezes, f_{uu}).

Aplicando a equação (I), se obtém:

$$f_u = e^{-r\Delta t} [pf_{uu} + (1 - p)f_{ud}] \quad (\text{III})$$

$$f_d = e^{-r\Delta t} [pf_{ud} + (1 - p)f_{dd}] \quad (\text{IV})$$

$$f = e^{-r\Delta t} [pf_u + (1-p)f_d] \quad (\text{V})$$

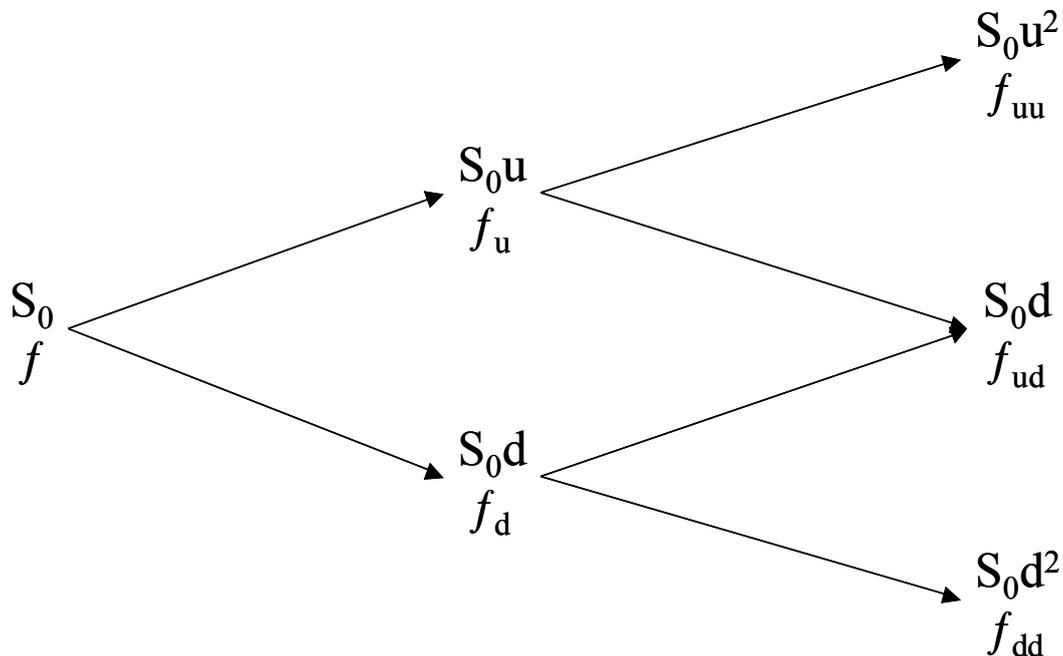


Figura 8: Ilustração do segundo passo de uma árvore binomial

Substituindo (III) e (IV) em (V), obtém-se:

$$f = e^{-2r\Delta t} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}]$$

Os termos p^2 , $2p(1-p)$ e $(1-p)^2$ representam as probabilidades dos três últimos nós das árvores. Independentemente da quantidade de passos que se adicione à árvore, o princípio do *risk-neutral valuation* continua valendo. O preço de uma opção é sempre igual ao seu retorno em um mundo livre de risco, descontado a uma taxa livre de risco.

Os dois casos de árvores binomiais foram referentes a opções de compra, mas o mesmo raciocínio pode ser desenvolvido para opções de venda.

Na prática, em se tratando de árvores binomiais, trata-se a volatilidade do preço da ação através dos parâmetros u e d . Como se sabe, a volatilidade do preço de uma ação, σ , é definida de tal forma que, multiplicada pela raiz quadrada do

intervalo de tempo, $\sigma\sqrt{\Delta t}$, representa o desvio padrão do retorno da ação em um curto período de tempo Δt .

Através de uma análise similar a feita anteriormente, para a definição de uma árvore binomial (para maiores detalhes, ver Hull, 1989, pág 213 e 214), conclui-se que quando se trabalha no mundo real, e não numa situação livre de risco, o retorno esperado de uma ação muda, mas a volatilidade permanece a mesma (considerando no limite de Δt tendendo a zero). Esta é a ilustração do teorema de *Girsanov*. O teorema postula que quando se sai de um mundo com um grupo de riscos para um outro mundo com outros tipos de riscos, as taxas de crescimento esperadas mudam, mas as volatilidades permanecem as mesmas.

Com o intuito de examinar o conceito e exemplificar sua aplicação, as árvores binômias de um e de dois passos são importantes, mas em termos práticos estes modelos são pouco precisos. Modelos mais realistas assumem os movimentos das ações como um grande número de movimentos binomiais de árvores menores e são tratados numericamente. Mesmo no caso de um tratamento computacional, o princípio de *risk-neutral valuation* continua valendo (o retorno esperado dos ativos é a taxa livre de risco e futuros fluxos de caixa podem avaliados descontando-os com a taxa livre de risco).

No tratamento numérico de árvores binomiais (para maiores detalhes, ver Cox, Ross & Rubinstein 1979), assume-se que:

$$e^{r\Delta t} = pu + (1 - p)d \quad (\text{VI})$$

$$e^{r\Delta t}(u + d) - ud - e^{-2r\Delta t} = \sigma^2\Delta t \quad (\text{VII})$$

$$u = 1/d \quad (\text{VIII})$$

A prática mostra que tratamentos numéricos de árvores a partir de 30 etapas já geram resultados razoáveis. O mecanismo é similar ao que já foi visto anteriormente, ou seja, no tempo zero o preço da ação S_0 é conhecido, no tempo Δt há dois possíveis preços, S_0u e S_0d , no tempo $2\Delta t$ há três possíveis, S_0u^2 , S_0 e S_0d^2 e assim segue. Em geral, no tempo $i\Delta t$, $i + 1$ diferentes preços de ação são considerados:

$$S_0 u^j d^{i-j}, j = 0, 1, 2, \dots, i \text{ (IX)}$$

Para avaliar o valor da opção, parte-se de trás para frente, do momento T até o momento zero²². Para opção de compra, $\text{Max}(S_T - X, 0)$. Para cada nó, deve-se calcular o valor esperado descontando-se pela taxa livre de risco.

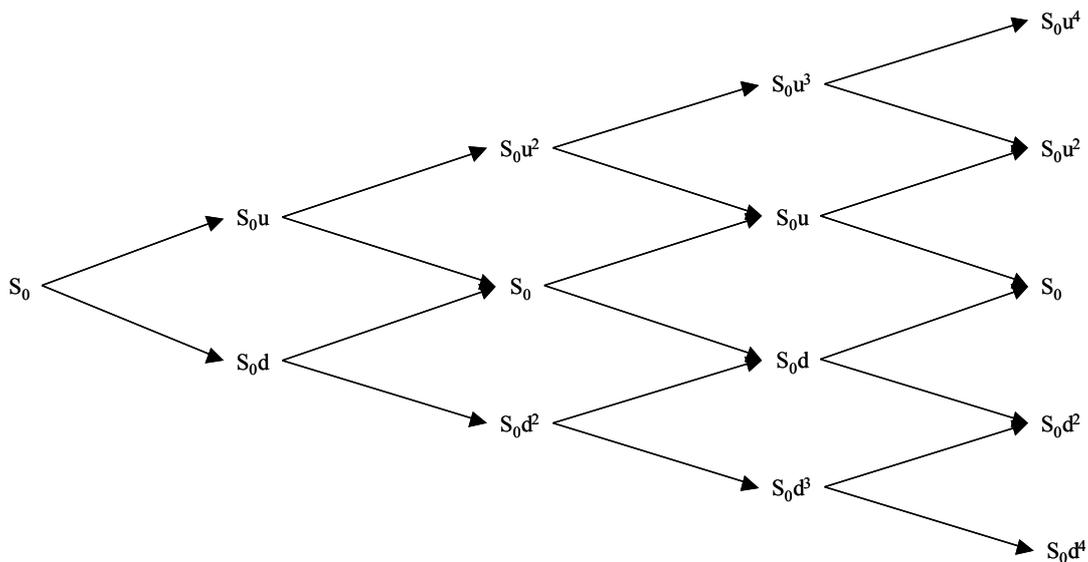


Figura 9: Ilustração de uma árvore binomial expandida

2.5.3. Monte Carlo

Outro modelo usualmente adotado é o de Monte Carlo. Neste tipo de simulação numérica, continua valendo o princípio de *risk-neutral valuation*. O retorno esperado em um ambiente livre de risco é calculado utilizando um procedimento amostral.

Considera-se uma opção dependente de uma variável de mercado S , com um retorno em um tempo T e com uma taxa de desconto constante. Pode-se calcular o valor da opção com os seguintes passos:

1. Define-se um comportamento randômico para os valores de S em um mundo sem risco.

²² Para um exemplo, ver Hull, J. C. Options, Futures, & Others Derivatives. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1989, Fourth Edition, p.391-393.

2. Calcula-se o retorno para cada valor de 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.

A simulação de Monte Carlo é bem útil quando o retorno de S depende de seu comportamento ou de seu valor final. Qualquer processo estocástico para S pode ser representado. Este método pode ainda ser aplicado quando o retorno da opção depende de diversas variáveis de mercado. Por outro lado, esta simulação requer um esforço computacional (tempo de processamento) considerável e em situações de antecipação do exercício da opção não pode ser facilmente construída.

2.6. Prós e Contras da Aplicação de Opções Reais

Em função de sua complexidade, dentre outros motivos, ainda persiste a imagem de que a avaliação de opções reais está mais para um modismo complexo e consumidor de esforços que ameaça minar as necessidades de dinamismo e bom senso na condução dos negócios. Segundo as palavras de *Tom McKillop*, CEO de uma Organização do ramo farmacêutico recém fusionada com outra empresa²³:

“Options theory is of interest. But it's more of a plaything for me. And in large mergers, it wouldn't make any sense. The analysis takes too long and is too cumbersome.”

Um grande empecilho à massificação do uso de opções reais é a matemática. Por demandar um ferramental matemático de grande complexidade, não pode ser usado em decisões comuns. Além disto, só pode ser aplicado em projetos onde não haja a necessidade de um comprometimento total e imediato de recursos, onde haja a possibilidade de se investir um pouco agora e tomar a decisão de prosseguir ou não mais tarde.

Antes de se preocupar em buscar um modelo matemático que seja simples, porém, é importante zelar para que o comportamento do projeto seja refletido pelo modelo a ser adotado. Estas ponderações estão relacionadas à profundidade e abrangência da análise que se deseja fazer. Por exemplo, para a análise de investimentos de uma empresa é razoável que os preços de venda sejam processos exógenos. Se a análise considera toda uma indústria, porém, a mesma variável deve ser endógena.

Segundo Copeland & Keenan (1998, n.2), existem três grandes motivos pelos quais a aplicação de opções na avaliação de investimentos corporativos ainda não é largamente difundida: a idéia em si é relativamente nova, a matemática é complexa, dificultando o entendimento intuitivo dos resultados gerados e as técnicas mais difundidas exigem que a fonte de incerteza seja uma *commodity*, com negociação em mercado.

²³ Texto extraído de Valdmanis, T. Corporate execs examine strategic tool. A new way to assess risk arrives. USA TODAY, pg. 05.B, May 12, 1999

Contudo, a análise de investimentos utilizando o conceito de opções reais é capaz de considerar a flexibilidade gerencial de uma forma que o NPV tradicional não pode. Voltando ao exemplo do lançamento de um novo produto, consideremos que o novo produto tem 50% de chances de gerar um fluxo positivo a valor presente de \$160 milhões e 50% de gerar apenas \$20 milhões a valor presente. Usando o valor presente, chegaríamos à conclusão de que o projeto não valeria a pena ($160 + 20 = 180$; $180 / 2 = 90$; $90 < 100$) e este seria certamente descartado.

Mas, como ficaria se considerássemos a capacidade gerencial de tomar decisões diferentes? E se os executivos decidem pagar pelo direito de expandir o negócio em seis meses?

Haveria 50% de chances do negócio ser bem sucedido e eles decidiriam expandir o novo produto em todo o território nacional. Porém, haveria um atraso de um ano (descontando a uma taxa de 10% aa). Trazendo a valor presente, teríamos um resultado positivo de $(160 / 1,1 - 110 / 1,1) = 45,5$ milhões. Existe também 50% de chances do piloto falhar, o que faria com que não houvesse a expansão (levando o valor do projeto a zero).

Analisando de uma forma bem simples o valor global do projeto, concluímos que seria positivo ($45,5 + 0 / 2 = 22,7$; $22,7 - 10 = 12,7$), o que indica que a Organização deveria adquirir o direito de, feito o piloto, expandir o negócio.

No caso de aplicação de árvores binomiais, a dificuldade começa na representação de todas as possíveis situações de decisão gerencial no tempo. Uma vez montada a árvore, faz-se o cálculo do valor presente de todas as situações considerando suas respectivas probabilidades descontadas a uma taxa fixa, geralmente custo médio ponderado de capital. Esta abordagem se assemelha a de análise por opções reais.

Faz-se necessário atentar para o seguinte detalhe, porém. Para refletir o comportamento de uma opção, a taxa de desconto deveria ser alterada para sempre refletir o risco corrente da opção. Esta, por sua vez, é sempre mais alavancada que o ativo em questão²⁴. Por conseguinte, o valor da taxa de desconto deve espelhar

²⁴ Suponhamos uma ação que valha \$20 e o preço de exercício de sua opção de compra de \$15. A opção valeria em torno de \$5. Uma queda no valor da opção de \$1

isto (uma taxa mais alta que o custo médio ponderado do capital e que reflita o comportamento do valor da opção, se vale a pena ser exercida ou não – se está menor que o preço do ativo ou não). Os métodos tradicionais de árvore de decisão geralmente não consideram isto e considerar o custo médio ponderado de capital pode conduzir a conclusões distorcidas.

Ainda nos dias de hoje, no dia-a-dia das Organizações, o fluxo de caixa descontado e o lucro econômico são amplamente utilizados. O valor presente líquido do fluxo de um projeto é calculado a partir de uma taxa de desconto que pondere o custo de oportunidade do acionista e o custo do capital de terceiros e que é utilizada para trazer a valor presente investimentos/custos e receitas. Se o valor for positivo, então se diz que o projeto cria valor e este é aceito, caso contrário o mesmo é descartado.

Um das vantagens da abordagem por opções reais em detrimento do tradicional fluxo de caixa descontado é que enquanto este estabelece apenas um caminho entre o investimento inicial e o valor terminal, as opções reais consideram vários “possíveis caminhos” entre o investimento inicial e o valor terminal. Estes “possíveis caminhos” são o reconhecimento da incerteza intrínseca a qualquer investimento e dos efeitos da atuação executiva no transcorrer do projeto, conforme mostra Amram & Kulatilaka (1999), na figura 10.

representa uma variação de 20%, enquanto que uma queda de \$1 no valor da ação representa uma variação de 5%. Logo, a opção tem um risco maior.

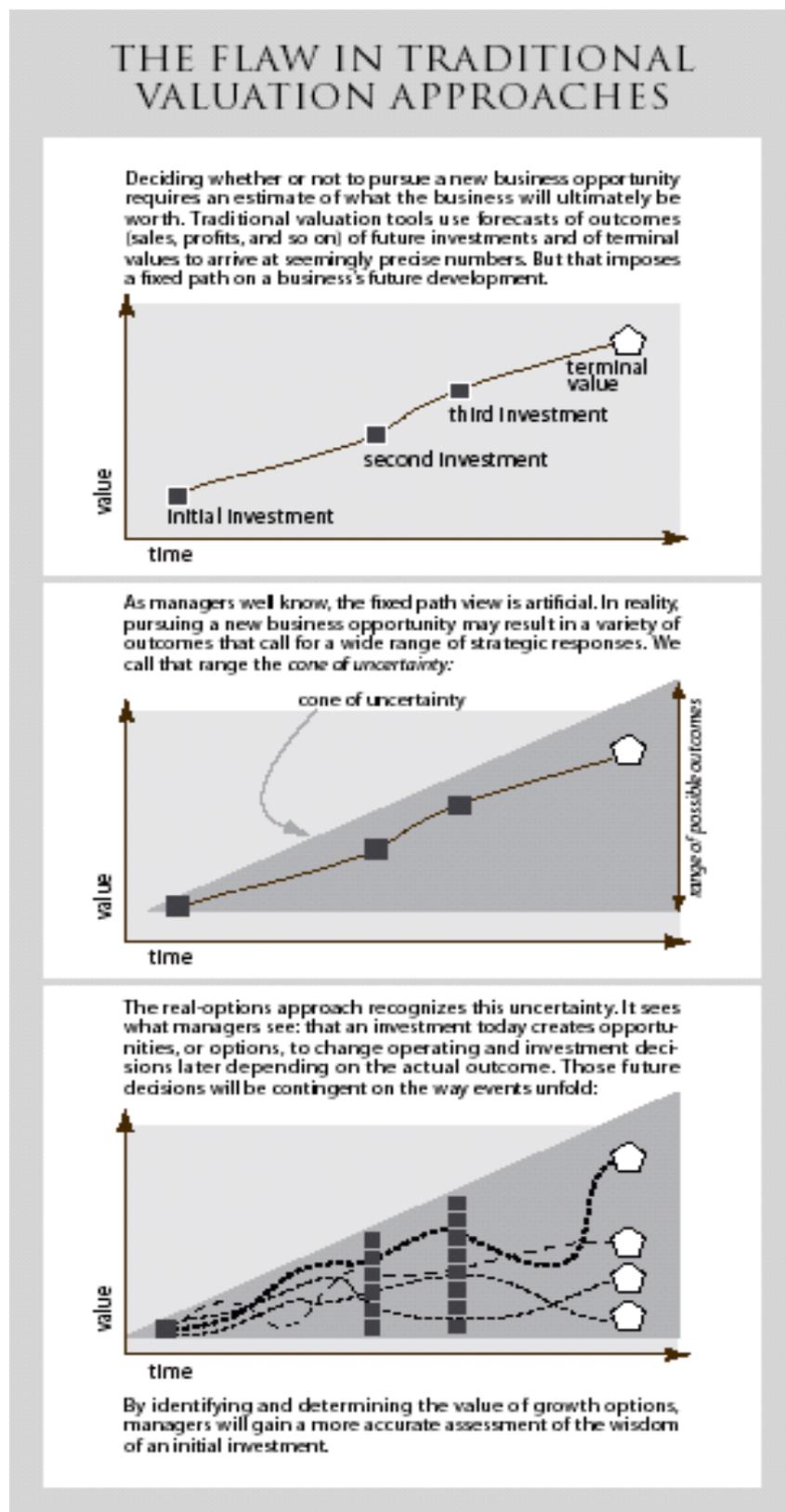


Figura 10: Mapeamento das possíveis flutuações em um projeto, proposto por Amram & Kulatilaka (1999), p. 101.

Embora o método do NPV seja ajustado ao risco envolvido, seja multi-período e baseado em fluxo de caixa, ele não considera a flexibilidade das decisões gerenciais durante o projeto. Copeland & Keenan (1998, n.2) apresentam, na Figura 11, uma interessante tabela que compara os mais diversos métodos:

Key criteria for decision-making tools

	Cashflow based	Risk adjusted	Multi-period	Captures flexibility
Real option value	✓	✓	✓	✓
NPV/DCF	✓	✓	✓	✗
Decision trees	✓	✗	✓	✓
Economic profit	✓	✓	✗	✗
Earnings growth	✗	✗	✗	✗

Figura 11: Comparação entre métodos de avaliação de projetos, por Copeland & Keenan (1998, n.2), p. 45.

O uso do cálculo do valor presente líquido, por exemplo, esbarra em definições simples e difíceis de serem trabalhadas, tais como: qual deve ser a estimativa de fluxo de lucro esperado para uma nova fábrica? Qual a taxa de desconto a ser utilizada no cálculo.

É importante ressaltar as vantagens que a abordagem de opções reais tem em detrimento das desvantagens das técnicas mais adotadas (NPV & IRR). No entanto, paradoxalmente falando, para se alcançar o objetivo de um uso mais corriqueiro de opções reais é imprescindível compreender e explorar os pontos em comum entre as técnicas atuais e opções reais.

A maior parte destas técnicas foram desenvolvidas para papéis financeiros. Nestes casos, o papel é adquirido e aguarda-se passivamente a sua valorização. Ou não. Nestes investimentos financeiros não existe a possibilidade de se abandonar ou até mesmo de expandir o investimento, conforme o desenrolar dos acontecimentos. É bem diferente de um investimento real, onde o papel dos gerentes na tomada de decisão conforme o projeto evolua é fundamental e de fato ocorre. Embora a árvore de decisão capture a flexibilidade que o fluxo de caixa descontado não considera, ela não faz o ajuste ao risco do investimento.

Alguns problemas surgem na pesquisa de modelos de precificação de opções. Primeiramente, qualquer hipótese estatística sobre como as opções são precificadas deve ser uma hipótese conjunta de que a fórmula de cálculo do preço é correta e de que os mercados são eficientes. Se a hipótese é rejeitada, pode ser que ou a fórmula de cálculo de preço não é verdadeira ou os mercados não são eficientes. Ou as duas coisas. Outro problema é que a volatilidade do preço de uma ação não é uma variável observável. Geralmente, esta é estimada a partir de dados históricos ou, alternativamente, volatilidades implícitas, quando identificadas, podem ser utilizadas.

Modelos para avaliação de valor de opções, no entanto, existem há mais de trinta anos. O conceito, porém, ainda é novo e a determinação do valor preciso de uma opção real permanece como uma ciência não exata. As várias alternativas existentes apresentam limitações, em termos de premissas adotadas, complexidade matemática requerida, dentre outras. Portanto, é mandatário o uso de opções reais com responsabilidade, conhecendo bem suas limitações.

Dentre suas principais limitações²⁵, pode-se destacar:

Modelagem

A qualidade da modelagem está atrelada à qualidade e disponibilidade de informações. Além disto, especialmente para opções complexas (*nested options*, por exemplo) e de longa duração, os resultados gerados por um modelo teórico, dependendo da diferença entre as premissas que o regem e a situação real, podem gerar grandes distorções com a realidade.

Substitutos

Muitas vezes, por exemplo no lançamento de um novo negócio, não se tem informação disponível para modelagem e análise. O artifício de buscar um similar pode ser de pouca valia, pois na maioria dos casos os candidatos a substituir o ativo-objeto em questão não podem caracterizar satisfatoriamente o ativo-objeto em questão.

²⁵ Para maiores detalhes, ver Amram, M; Kulatilaka, N. Disciplined decisions: aligning strategy with the financial markets HARVARD BUSINESS REVIEW, January-February 1999, Reprint 9910, p.102-103.

Preços Observáveis

Como uma continuação do anterior, especificamente sobre preços, às vezes não se tem a informação disponível. Ao lançar mão de previsões, o modelo fica exposto a posições tendenciosas, dentre outros problemas, o que pode até conduzir a rejeitar uma opção que, com a informação mais trabalhada, poderia vir a ser atraente.

Liquidez

Se a decisão de abandonar uma opção é tomada, se traduzindo, por exemplo, na venda de um terreno, o tempo necessário para fazer a operação e o interesse em fazê-lo impactará o mercado e repercutirá no preço final de venda do ativo.

Risco Intrínseco

Na maioria dos casos, uma opção real está exposta aos riscos intrínsecos a Organização. Estes são os mais impactantes riscos, pois são os mais difíceis de serem considerados pelos tomadores de decisão e, portanto, sujeitos a posições parciais e subestimadas.

Damodaran (1996) alerta sobre alguns fatos que, se ignorados, podem trazer distorções à análise da aplicação da teoria de opções em alternativas de investimentos reais:

O ativo não é comercializado em bolsa

Tanto o modelo de BLACK-SCHOLES quanto a árvore binomial partem do princípio de que é possível montar um *portfolio* com o ativo em questão, sem risco. Ao utilizar opções reais, esta premissa e outras necessárias (arbitragem, custo de transação, etc) não são tão defensáveis. Logo, devem-se ponderar bem estes pontos ao se aplicar a teoria em ativos não comercializados em bolsa.

O preço do ativo em questão segue um processo contínuo

Sendo esta uma das premissas do modelo de BLACK-SCHOLES e supondo que o ativo analisado apresente saltos (o que caracterizaria um processo descontínuo), deve-se analisar os casos extremos da opção *out-of-the-money*, *in-*

the-money e *at-the-money* através de valores de variância altos e baixos. Uma alternativa seria usar outro modelo matemático, que explicitamente considerem uma função descontinuada para o preço (tipo *Poison*). A dificuldade aqui reside na estimativa de probabilidade do salto, magnitude e variância.

A variância é conhecida e é constante durante a vida da opção

Mais uma premissa comum a modelos de precificação de opções, esta é bem razoável para opções de curto-prazo de ações negociadas em bolsa. Quando a opção em questão é de longo prazo, no entanto, é pouco provável que a variância permaneça constante. Além de se assumir uma variância conservadora, uma alternativa é explicitamente modelar a evolução da variância no tempo, o que na maioria dos casos pode trazer distorções à análise.

O exercício da opção é instantâneo

Esta premissa, especialmente considerando opções reais, pode ser frágil, pois em muitos casos exercer a opção pode ser construir uma planta ou lançar um produto (ações que absolutamente não são imediatas). Isto implica em dizer que na prática a vida útil da opção é menor e esta consideração deve ser feita conforme o *lead-time* do exercício da opção.

Em resumo, as análises de opções reais ainda pecam no tocante a precisão e ao rigor de suas premissas. Por outro lado, esta é uma das principais proposições das opções reais: abrir mão de precisão em troca de simplicidade, versatilidade e maior proximidade com a realidade.