
Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos

*Elieber Mateus dos Santos
Edson de Oliveira Pamplona*

RESUMO

O ambiente de competição no qual as empresas estão inseridas tem feito com que elas busquem rápida adaptação às mudanças, procurando investir em projetos que venham a criar opções, tornando-as, dessa forma, mais flexíveis. Nesse contexto, o uso estático das técnicas tradicionais de avaliação de investimentos, principalmente o Fluxo de Caixa Descontado, tem sofrido duras críticas, uma vez que essas não têm sido capazes de captar o valor da **flexibilidade administrativa** presente em muitos projetos. Tal fato tem levado praticantes de Administração e acadêmicos à busca de métodos mais sofisticados de avaliação de investimentos que sejam capazes de lidar com a incerteza, a irreversibilidade e a aprendizagem. A habilidade da teoria de precificação de opções em quantificar a flexibilidade em investimentos em projetos estratégicos a torna uma opção atraente se comparada à análise feita pelo padronizado Fluxo de Caixa Descontado. Um projeto de pesquisa e desenvolvimento pode ser considerado um caso típico para a aplicação da Teoria das Opções Reais, pois a decisão de investir nos resultados de uma pesquisa pode não ser exercida, e a possibilidade dessa decisão não é considerada nos métodos tradicionais. Do exposto, este trabalho vem demonstrar a Teoria das Opções Reais aplicada à análise de investimento em um projeto real de pesquisa e desenvolvimento, contribuindo, dessa forma, para a redução do *gap* entre a teoria e a prática. São usados dois métodos: o de Kallberg e Laurin (1997); e o de Geske (1979), adaptado para opções reais por Kemna (1993) e apontado por Perlit, Peske e Schrank (1999) como uma importante ferramenta na avaliação de opções compostas. Os resultados são comparados com aqueles obtidos por meio do tradicional Fluxo de Caixa Descontado e da Árvore de Decisão. Por fim, embora a Teoria das Opções Reais esteja em estágio de desenvolvimento e consolidação, sugere-se que ela possa ser encarada e usada como promissora ferramenta no processo de tomada de decisão.

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos concedida ao primeiro autor, o que possibilitou a realização deste trabalho.

Recebido em 30/junho/2003
Aprovado em 10/junho/2005

Elieber Mateus dos Santos, Mestre em Engenharia de Produção com ênfase em Economia e Finanças pela Universidade Federal de Itajubá (CEP 37500-903 — Itajubá/MG, Brasil), é Analista em Ciência e Tecnologia no Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

E-mail: eliebersantos@yahoo.com.br

Endereço:

Ministério da Ciência e Tecnologia / LNA

Rua Estados Unidos, 154

Bairro das Nações

37504-364 — Itajubá — MG

Edson de Oliveira Pamplona, Doutor em Administração de Empresas pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, é Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá (CEP 37500-903 — Itajubá/MG, Brasil).

E-mail: pamplona@unifei.edu.br

Palavras-chave: opções reais, análise de investimentos, pesquisa e desenvolvimento (P&D), flexibilidade administrativa.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças que estão se processando na natureza da competitividade e a pressão crescente da globalização fazem do investimento o fator mais importante da vantagem competitiva (PORTER, 1992). Para o autor, muitas empresas investem muito pouco em ativos intangíveis e em capacidades requeridas para a competitividade, tais como pesquisa e desenvolvimento (P&D), treinamento e desenvolvimento de habilidades de funcionários, sistemas de informações, desenvolvimento organizacional. O autor afirma, entretanto, que o objetivo de uma empresa deve ser a criação de um sistema no qual os gerentes farão investimentos que maximizem o valor de suas companhias a longo prazo.

O ambiente econômico no qual a maioria das companhias está operando é muito mais volátil e imprevisível do que 20 anos atrás — em parte por causa da globalização dos mercados ligados ao aumento da flutuação das taxas de câmbio, em parte pela indução das mudanças tecnológicas que participam do mercado. Entretanto, a incerteza requer que os administradores se tornem muito mais sofisticados na forma como avaliam e quantificam o risco. É importante que os administradores compreendam melhor as opções que suas companhias possuem ou quais são capazes de criar. As opções criam flexibilidade e, conforme ressaltam Dixit e Pindyck (1995), num mundo de incertezas a habilidade de se avaliar e usar a flexibilidade é crítica.

Apesar do amplo uso de técnicas tradicionais de orçamento de capital, críticas têm surgido contra seu uso estático. A crítica está no fato de que essas técnicas são baseadas somente no retorno financeiro: usam somente fatores tangíveis e não levam em consideração os fatores intangíveis, como futura vantagem competitiva, futuras oportunidades, flexibilidade gerencial.

Acadêmicos e praticantes de Administração têm, devido aos problemas das técnicas de orçamento de capital tradicionais, procurado por novos métodos para a avaliação desses projetos. Uma nova técnica de orçamento de capital é a incorporação das **opções reais** cuja abordagem tem o potencial de avaliar o valor do projeto proveniente de uma administração ativa e das interações estratégicas (TRIGEORGIS, 1996). Essa técnica vê o projeto como uma possibilidade futura e então o avalia com as técnicas usadas pelas opções financeiras. O investimento inicial em um projeto de P&D, por exemplo, é visto como o pagamento para obter-se um direito, mas não uma obrigação, de usá-lo. Isso é equivalente a uma opção financeira de compra em que a empresa paga um pequeno **prêmio** pelo direito de adquirir um ativo específico a um conhecido **preço de exercício** em um tempo determinado no futuro.

Economistas e pesquisadores têm explorado o conceito básico de que o pensamento de investimento como opções muda substancialmente a teoria e a prática acerca do processo de tomada de decisão em investimento de capital. Tradicionalmente, as escolas de negócio têm ensinado os administra-

dores a operarem sob a premissa de que as decisões de investimento podem ser reversíveis se as condições mudarem ou não-reversíveis caso seja um investimento do tipo **agora ou nunca** (DIXIT e PINDYCK, 1995). Contudo, tão logo surgiu o pensamento de oportunidades de investimento como opções, essa premissa mudou. A irreversibilidade, a incerteza e a possibilidade de postergação (*timing*), entretanto, alteram a decisão de investimento de maneira crítica.

Nesse contexto, a Teoria das Opções Reais vem ganhando a atenção de pesquisadores e gerentes em todo o mundo, tendo havido maior desenvolvimento nos últimos anos, uma vez que a teoria é capaz de captar a flexibilidade gerencial na tomada de decisões de investimentos (TRIGEORGIS, 1993; KULATILAKA, 1993; DIXIT e PINDYCK, 1994; INGERSOLL e ROSS, 1992; NICHOLS, 1994; LUEHRMAN, 1998a). No Brasil, no entanto, não são muitos os artigos publicados que abordam a teoria, principalmente de forma prática, embora ela esteja sendo foco de trabalhos em níveis de mestrado e doutorado. Em *survey* realizada por Graham e Harvey (2001) para avaliar as práticas corporativas em empresas de todos os tipos e tamanhos dos Estados Unidos e do Canadá, à qual responderam 392 CFOs (ou seja, pesquisa em nível de diretor financeiro que formula e participa das decisões finais nessa área), houve relativa surpresa com o número de empresas que usam **sempre ou quase sempre** opções reais, que alcançou mais de 26%. Esse número é maior do que o das empresas que usam **sempre ou quase sempre** Monte Carlo ou *Value-at-Risk*. Isso mostra um grande crescimento de opções reais nas empresas e em parte explica a quantidade de livros de opções reais que têm sido lançados nos últimos dois ou três anos.

Do exposto, procurar-se-á, neste trabalho, demonstrar que a utilização dos modelos tradicionais de análise de investimento pode estar levando as empresas a uma subavaliação de seus investimentos. O trabalho fornecerá uma evidência empírica pela aplicação da TOR a um caso real, ajudando, dessa forma, a diminuir o *gap* entre a teoria e a prática da teoria das opções reais. Serão aplicados dois métodos de opções reais, o proposto por Kallberg e Laurin (1997) e o de Geske (1979), adaptado para opções reais por Kemna (1993). Também será feita uma análise por meio da árvore de decisões e do Valor Presente Líquido (VPL) tradicional.

2. CONTRIBUIÇÕES

A avaliação de projetos de P&D é uma situação especial em orçamento de capital, pois o resultado da pesquisa pode ser satisfatório ou não e levar a decisões intermediárias que devem ser consideradas. Se a pesquisa for bem-sucedida poderá resultar em altos retornos para a empresa, seja sob a forma de venda dos seus resultados ou sob a forma de VPL de fluxos de caixa provenientes de investimentos na produção dos produtos ou serviços gerados pela pesquisa. Se der errado, a empresa perde todo o investimento na pesquisa, mas,

por outro lado, deixa de ter perdas maiores por dar continuidade a um projeto seguramente inviável.

Os critérios de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tradicionais, mesmo os que consideram risco, incorporam em seus fluxos de caixa as expectativas boas e ruins, mas não consideram a possibilidade da empresa abortar o processo de pesquisa quando seus resultados não forem favoráveis, desistindo de prosseguir com os trabalhos de pesquisa.

Com base na experiência, Kemna (1993) sugere que as principais contribuições da TOR são: primeiro, auxiliar a administração a estruturar a oportunidade de investimento pela definição das diferentes alternativas de investimento com suas incertezas subjacentes e opções inseridas; segundo, trabalhar com a flexibilidade de um projeto mais facilmente do que o tradicional FCD. Embora outros modelos, como a análise por árvore de decisões e simulação de Monte Carlo, possam ser usados, eles tendem a tornar-se complicados e são frequentemente mal aplicados.

Trigeorgis (1993) recomenda que sejam conduzidas mais pesquisas de campo, *survey* ou estudos empíricos para testar a conformidade da teoria da avaliação por opções reais e suas implicações à intuição e à experiência dos administradores. Segundo o autor, avaliações baseadas na teoria das opções podem ser uma ferramenta particularmente útil aos administradores corporativos e estrategistas devido à provisão de uma abordagem consistente e unificada na direção da incorporação de valor das opções financeiras e reais associadas ao investimento combinado e à decisão financeira da empresa.

Entretanto, a falta de evidência empírica que mostre a aplicabilidade prática parece que está efetivamente inibindo a adoção em casos reais. A avaliação das opções reais tem sido testada empiricamente em poucos trabalhos reais (SEPPÄ e LAAMANEN, 2000), dessa forma, mais evidências empíricas são claramente necessárias para validar a analogia de precificação de opções financeiras com oportunidades de investimentos reais (HERATH e PARK, 1999; SEPPÄ e LAAMANEN, 2000).

Luehrman (1998b) também afirma que a maioria dos executivos levanta questões: “Como usar a precificação de opções em um projeto e como usá-la com números reais em vez de exemplos estéreis?” O autor diz que, infelizmente, as aplicações são escassas e o assunto é abordado por especialistas, principalmente por PhDs. Como resultado, continua Luehrman (1998b), análises corporativas que gerem números reais têm sido raras, custosas e de difícil compreensão.

Dessa forma, procurar-se-á, neste trabalho, demonstrar que a utilização dos modelos tradicionais de análise de investimento pode estar levando as empresas a uma subavaliação de seus investimentos.

As maiores contribuições deste trabalho são:

- mostrar por meio de uma evidência empírica, respondendo à questão de Luehrman (1998b), que o domínio da técnica (TOR) não é uma tarefa inacessível como se supunha há

alguns anos, embora ainda esteja em estágio de desenvolvimento e consolidação, sendo aplicada em empresas, de acordo com a pesquisa de Graham e Harvey (2001);

- demonstrar que a utilização das técnicas tradicionais não tem sido suficiente para prover uma avaliação que esteja de acordo com o novo cenário das decisões;
- abordar, de forma específica e metodológica, uma área de dentro das organizações para a qual geralmente se dedica grande parte do orçamento da empresa, o que será uma diretriz para uma melhor análise da viabilidade de investimentos em projetos de P&D;
- fornecer uma evidência empírica através da aplicação da TOR a um caso real, ajudando, dessa forma, a diminuir o *gap* entre a teoria e a prática da Teoria das Opções Reais.

Embora muito tenha sido dito a respeito do poder da Teoria das Opções Reais aplicada à análise de investimentos, o Brasil ainda carece de trabalhos que venham a comprovar sua validade. É necessário que essa teoria seja cada vez mais difundida, principalmente no meio corporativo.

Espera-se que o presente trabalho possa contribuir de alguma forma para a difusão da teoria, vindo a demonstrar que sua aplicação não é uma tarefa complicada como se supõe. Ainda que a Teoria das Opções Reais esteja em fase de desenvolvimento e consolidação, as empresas poderiam procurar entendê-la e aplicá-la. Nesse sentido, espera-se que este trabalho possa lançar luz sobre esse tema de crescente interesse por parte das comunidades acadêmica e corporativa.

3. METODOLOGIA

Apesar de a Teoria das Opções Reais ter ampla gama de aplicações, o presente trabalho limitar-se-á a abordar de forma mais aprofundada e sistemática a aplicação para o foco pesquisa e desenvolvimento. Em alguns cálculos a serem realizados efetuou-se a adoção de certos valores, como a volatilidade. Tal fato ocorre porque um estudo mais aprofundado de tais valores fugiria ao escopo desta aplicação. Essa adoção, todavia, não compromete o desenvolvimento do trabalho. Essas características serão consideradas no decorrer do artigo. A realização deste trabalho parte das premissas apontadas a seguir.

• Premissa A

A utilização das técnicas tradicionais tende a subavaliar certos investimentos, principalmente aqueles que tenham as características de *timing*, irreversibilidade e incerteza, podendo conduzir a resultados que comprometeriam a introdução de projetos que gerariam resultados significativos para o empreendedor e colocando em risco a sobrevivência da empresa.

• Premissa B

A teoria das opções reais é capaz de suprir as lacunas das técnicas tradicionais de orçamentação de capital.

O método de pesquisa a ser utilizado será a experimentação, uma vez que é feita a aplicação de modelos, definidos a partir da revisão bibliográfica, em uma organização. Tal método de pesquisa tem as características apresentadas por Bryman (1995). A forma de coleta de dados pode ser caracterizada como **dados de arquivo**, uma vez que os dados a serem utilizados já estavam disponíveis na empresa.

As variáveis envolvidas no estudo são:

- variável dependente: valor do projeto de investimento;
- variáveis independentes: fluxo de caixa do projeto, modelo utilizado para avaliar o projeto, taxa de desconto, tempo, incerteza, irreversibilidade, flexibilidades (opções criadas).

A metodologia de pesquisa pode ser visualizada na figura 1. Um modelo teórico busca simplificar e clarear um problema mais complexo da realidade, mas nunca será capaz de refleti-la de forma fidedigna. A constatação, ou não, da premissa de que a TOR consegue captar melhor as flexibilidades administrativas presentes nas decisões dar-se-á por uma aplicação / experimento em um projeto real de P&D, comparando-se os resultados com aqueles obtidos pelas técnicas tradicionais de análise de investimento. Se a opinião de alguém, mesmo que seja o cientista mais respeitado do mundo, estiver errada, ela não prevalecerá indefinidamente. Talvez a comunidade a aceite como plausível por algum tempo, mas somente após ser submetida a testes quantitativos ela será definitivamente incorporada (ou não) às idéias ou teorias aceitas.

A seguir são abordadas as limitações do Fluxo de Caixa Descontado. Logo após, discorre-se sobre a TOR, passando-se então para a análise de um projeto real. Por fim são extraídas as conclusões, apresentando-se também recomendações para trabalhos futuros.

4. MÉTODO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO — LIMITAÇÕES

“... o fluxo de caixa descontado (FCD) não está somente errado, ele está muito errado” (DIXIT e PINDYCK, 1994, p.31). Os autores são enfáticos ao atacar o FCD, dizendo que o problema desse modelo está no fato de não poder captar a flexibilidade administrativa, ou seja, a habilidade que a administração tem de revisar o projeto inicial quando incertezas futuras são resolvidas ou se apresentam de forma diferente da prevista.

Ainda de acordo com Dixit e Pindyck (1995), o FCD assume que o investimento cai dentro de uma categoria reversível ou irreversível. A categoria reversível assume que os gastos podem ser recuperados caso as condições do mercado mudem ou fiquem piores do que o esperado, enquanto a categoria irreversível assume que o investimento é uma decisão do tipo **agora ou nunca**. O modelo não pode capturar os investimentos que caem em ambas as categorias, por exemplo, quando um investimento irreversível puder ser postergado. Para melhor elucidação dos conceitos envolvidos, será apresentado um exemplo extraído de Dixit e Pindyck (1994).

Suponha-se que uma empresa deseje investir em uma fábrica de um produto XYW. O investimento é completamente irreversível. Suponha ainda que a fábrica possa ser construída instantaneamente com um investimento I e que venha a produzir uma unidade do produto por ano, a um custo de operação nulo. Atualmente o preço de uma unidade é de R\$ 200, mas no próximo ano o preço irá mudar. Com probabilidade q ele subirá para R\$ 300 e com probabilidade $(1 - q)$ ele cairá para R\$ 100. Suponha-se que o risco também seja completamente diversificável. A taxa de desconto utilizada será de 10%.

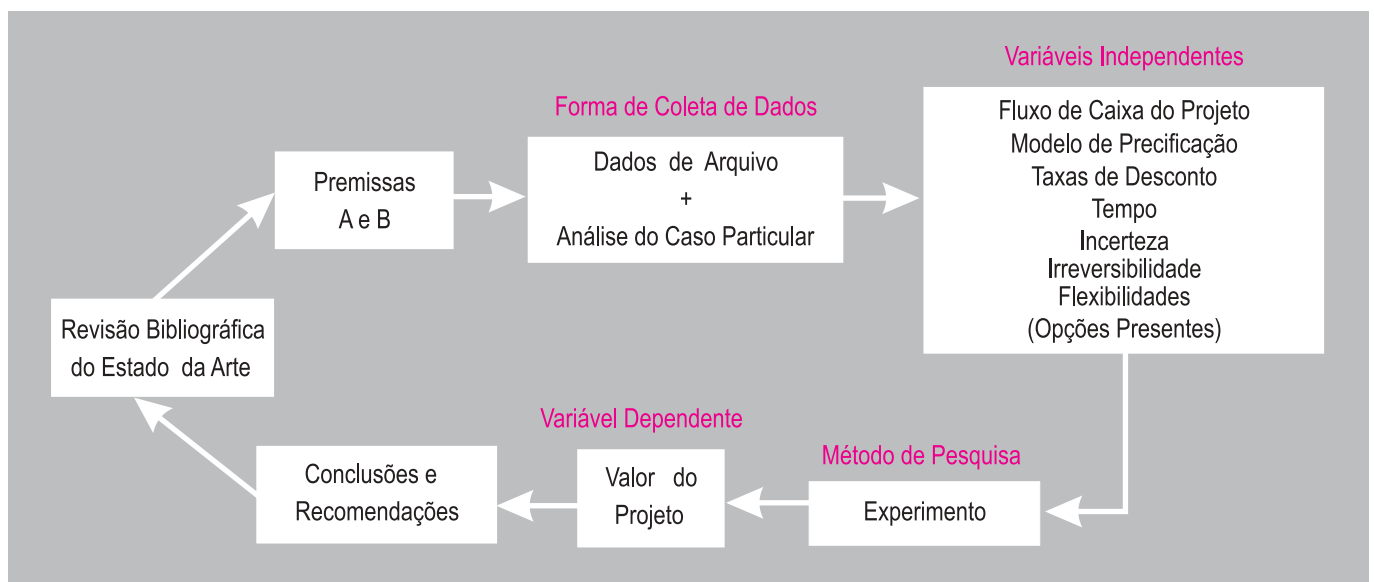


Figura 1: Metodologia de Pesquisa

Faça-se o investimento $I = R\$ 1.600$ e $q = 0,5$. Dados esses valores de I e q , esse seria um bom investimento? Deveria a empresa investir agora ou seria melhor esperar um ano e ver se os preços sobem ou descem?

Calculando-se o Valor Presente Líquido desse investimento pela forma tradicional (notando que o preço futuro **esperado** é sempre $R\$ 200 = 0,5 * R\$ 300 + 0,5 * R\$ 100$), obtém-se:

$$VPL = -1.600 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{200}{(1.1)^t} = -1.600 + 2.200 = R\$ 600 \quad [1]$$

O $VPL = R\$ 600$ é maior do que zero, logo, o investimento deveria ser realizado. Como mostram Dixit e Pindyck (1994), Quigg (1993), Ingersoll e Ross (1992), Kemna (1993), Roberts e Weitzman (1981), entre outros, essa conclusão está incorreta porque os cálculos ignoram um custo, o da oportunidade de investir agora, em vez de esperar, mantendo-se aberta à possibilidade de não investir caso os preços caíam. Para que isso seja percebido, em vez de investir agora, suponha-se que o investimento seja realizado somente se os preços subirem. Dessa forma, o VPL é dado por:

$$VPL = (0.5)^* \left[\frac{-1.600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1.1)^t} \right] = \frac{850}{1.1} = R\$ 773 \quad [2]$$

Note-se que no ano zero não existe gasto algum e nem recebimento. No ano 1, os $R\$ 1.600$ são gastos somente se o preço subir para $R\$ 300$, o que ocorrerá com probabilidade 0,5. Caso se espere um ano para investir na construção da fábrica, o VPL do projeto será, hoje, de $R\$ 773$, e caso se invista hoje ele será de $R\$ 600$. Claramente é melhor esperar, e ver o que acontece, do que investir agora.

Se as escolhas possíveis fossem somente investir **agora ou nunca**, dever-se-ia investir hoje. Nesse caso não há a opção de esperar um ano, não existindo um custo de oportunidade de **matar** tal opção, assim, as regras do VPL são aplicáveis. De outra forma, poderiam ser investidos os $R\$ 1.600$ hoje e no próximo ano desinvestir-se-iam e recuperar-se-iam os $R\$ 1.600$, caso os preços caíssem. Dois aspectos devem ser introduzidos no custo de oportunidade no cálculo do VPL — a irreversibilidade e a habilidade de investir no futuro como uma alternativa de investir hoje.

Qual é o valor da flexibilidade de tomar a decisão de investimento no próximo ano, em vez de investir **agora ou nunca**? O valor dessa **opção flexibilidade** é fácil de calcular, e será somente a diferença entre os dois VPLs, ou seja, $R\$ 773 - R\$ 600 = R\$ 173$. Em outras palavras, poderiam ser pagos $R\$ 173$ a mais por um projeto que dê a flexibilidade de esperar um ano para tomar a decisão, se comparado a um projeto com as mesmas características, mas sem essa opção.

Mesmo que as análises quantitativas tradicionais projetem demandas, preços e custos corretamente e considerem diversas seqüências de investimento possíveis, falham por não con-

seguirem captar as possibilidades de aprendizado e as opções de ações futuras proporcionadas por essas seqüências. Investimentos que podem ter impacto significativo sobre qualidade de produto, rapidez e confiabilidade de entrega, facilidade de desenvolvimento e lançamento de produtos, dentre outros importantes fatores, tendem a ser negligenciados pelo fluxo de caixa descontado (HAYES, WHEELWRIGH e CLARK, 1988).

Os profissionais responsáveis pela elaboração do planejamento estratégico das empresas estão, segundo Macedo (1999), entre os principais críticos da teoria financeira tradicional, especialmente das técnicas do fluxo de caixa descontado. O argumento principal desses profissionais é que a excessiva preocupação com a análise financeira privilegia os investimentos de curto prazo. Os investimentos de longo prazo, cujos VPLs são penalizados pela incerteza e pela demora do recebimento de fluxos de caixa futuros, acabam sendo sacrificados.

Segundo Dias (1996), mesmo quando não se usa formalmente a teoria das opções, as decisões de investimento nas empresas de sucesso são muito mais coerentes com a teoria das opções do que com a teoria tradicional do FCD. Ainda segundo o autor, percebendo que a ferramenta de FCD não é eficiente em captar possibilidades relevantes do projeto, executivos valem-se da **intuição de negócios** para não investir imediatamente em projetos só porque uma análise estática indicou um VPL positivo, nem rejeitar projetos **estratégicos** só porque um relatório indicou VPLs negativos.

A avaliação financeira de alternativas estratégicas precisa de rápidas e profundas mudanças no sentido de aproximar-se da realidade e mensurar a flexibilidade existente nos projetos. Nesse sentido, o FCD não tem muito como atender às exigências que são feitas à teoria de finanças no sentido de apoiar as decisões estratégicas, devendo-se lançar mão de métodos alternativos como a Teoria das Opções Reais.

5. OPÇÕES REAIS

Em mercados caracterizados por mudança, incerteza e interações competitivas, a realização dos fluxos de caixa previstos numa análise irá provavelmente diferir do que se esperava inicialmente pela administração. À medida que novas informações chegam e a incerteza sobre as condições do mercado e o futuro fluxo de caixa é gradualmente mais bem compreendida, a administração pode ter uma flexibilidade valiosa para alterar sua estratégia operacional para capitalizar oportunidades futuras favoráveis ou diminuir perdas.

A flexibilidade da administração em adaptar suas futuras ações em resposta às futuras alterações do mercado expande o valor da oportunidade do investimento pela melhoria do potencial de ganhos, enquanto limita as perdas relativas às expectativas iniciais da administração sob uma administração passiva. Segundo Minardi (2000) e Trigeorgis (1993), a assimetria resultante criada pela adaptabilidade requer uma regra para um VPL expandido que reflita os dois valores componentes: o

VPL tradicional (estático ou passivo) e o valor da opção de operação e adaptabilidade estratégica. Dessa forma, tem-se:

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{estático (passivo)}} + \text{Valor da opção de uma administração ativa} \quad [3]$$

A abordagem das opções para o orçamento de capital tem o potencial de conceitualizar e ainda quantificar o valor das opções de uma administração ativa. Esse valor é manifesto como uma coleção de opções reais (*call* = opção de compra, ou *put* = opção de venda) embutidas nas oportunidades de investimento de capital, tendo como ativo subjacente o valor do fluxo de caixa esperado pela operação do projeto. Muitas dessas opções ocorrem naturalmente — por contratos, paradas ou abandono —, enquanto outras podem ser planejadas ou construídas a um custo extra — como expandir novas capacidades ou construir opções de crescimento, escolha entre alternativas *inputs* e *outputs*.

A Teoria das Opções Reais é utilizada para a avaliação de **ativos reais**, ou seja, aqueles que não são negociados no mercado. Projetos de investimento de capital, avaliação de propriedades intelectuais, avaliação de terras, avaliação de imóveis, de fontes de recursos naturais (minas, poços de petróleo etc.) e avaliação de projetos de pesquisa e desenvolvimento são exemplos de ativos reais que podem ser avaliados utilizando essa teoria.

Uma **opção real** é a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões a respeito de ativos reais. Ao passo que novas informações vão surgindo e as incertezas sobre o fluxo de caixa vão se revelando, os administradores podem tomar decisões que venham a influenciar positivamente no valor final de um projeto (DIXIT e PINDYCK, 1994). As decisões com as quais os administradores freqüentemente se deparam são: Qual o momento certo de investir, abandonar ou parar temporariamente um projeto, de modificar as características operacionais do projeto ou, ainda, de trocar um ativo por outro? Dessa forma, um projeto de investimento de capital pode ser considerado como um conjunto de opções reais sobre um ativo real, o projeto.

Assim sendo, a seguir será visto como um projeto de pesquisa e desenvolvimento pode ser encarado como uma opção real, mostrando-se, também, maneiras de avaliá-lo.

5.1. O processo de pesquisa e desenvolvimento (P&D)

Investimentos em P&D não são feitos na expectativa de resultados imediatos, mas com a de criar oportunidades de investimentos futuros que serão rentáveis. Dessa forma, os projetos de P&D deveriam ser vistos como séries de decisões seqüenciais envolvendo as fases de P&D e de comercialização com diferentes riscos e incertezas (MORRIS, TEISBERG e KOLBE, 1991), que venham a ser diminuídos à medida que o projeto prossegue (ver figura 2).

A partir da perspectiva das opções, a seqüência da avaliação tem uma estrutura muito específica (AMRAM e KULATILAKA, 2000). O primeiro estágio da exploração do investimento adquire a opção de continuar com o segundo estágio de desenvolvimento, e assim por diante. Isso é conhecido como uma estrutura de **opção composta**. Quando visto como parte de uma seqüência de opções, cada estágio pode ser uma opção de compra no valor da continuação com a exploração, um valor que inclui o valor de todas as opções futuras.

Segundo Perlitz, Peske e Schrank (1999), se os resultados da fase de pesquisa não correspondem às expectativas, o projeto pode, por exemplo, simplesmente ser paralisado, evitando perdas que se realizariam pela continuação do investimento. Existe, entretanto, outras possibilidades de reagir às mudanças circunstanciais. O projeto pode ser aprimorado até o ponto de preocupação de seu escopo (KEMNA, 1993), ser paralisado e esperar pela chegada de novas informações (McDONALD e SIEGEL, 1986; KESTER, 1984) ou seu escopo pode ser alterado (TRIGEORGIS, 1993).

5.2. O projeto de P&D como uma opção

A avaliação de um projeto de P&D pela Teoria das Opções Reais o encara como uma opção que pode ser exercida ou não, no futuro, dependendo de as condições serem favoráveis ou não. Por exemplo, no caso de uma opção financeira, paga-se um prêmio para se ter o direito, mas não a obrigação, de exercê-la até a data de vencimento (opção americana) ou na data de vencimento (opção européia). Já no caso de um projeto de P&D, por exemplo, ele é visto como uma opção para a

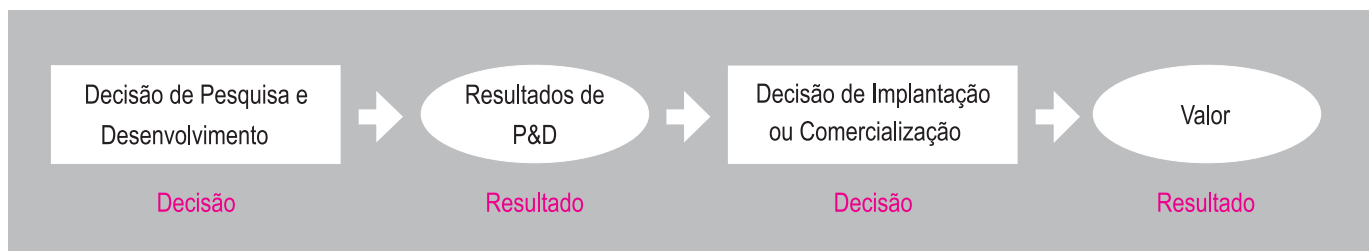


Figura2: Projeto de P&D Visto como uma Seqüência de Decisões e Resultados

Fonte: Morris, Teisberg e Kolbe (1991).

qual foi pago um certo prêmio (o investimento em pesquisa) numa fase inicial. Caso pareça promissor ao final dessa fase (data de vencimento), o projeto será exercido pagando-se o valor do investimento em ativos para produção que será compensado pelo valor presente do fluxo de retornos gerados pela comercialização dos produtos ou serviços resultantes do sucesso da pesquisa.

Com base nessa analogia, segundo Herath e Park (1999), um investimento em P&D pode ser visto como um custo (I_0) de uma opção real na qual o projeto comercial prossegue somente se houver sucesso na fase de P&D. Mais especificamente, o custo de investimento em comercialização no novo projeto pode ser visto como o preço de exercício (I_c) e o valor presente do fluxo de caixa futuro (V), proveniente da comercialização, pode ser visto como o valor do ativo subjacente. A data de introdução do novo produto no mercado pode ser vista como a data de exercício. Enquanto se assume que a decisão de comercialização provavelmente ocorra numa data T_1 , o tomador da decisão poderia considerar a opção de adiar a decisão de comercialização (ver figura 3). A opção de esperar em tal instância tem valor enquanto a opção de comercialização não é exercida.

Kester (1984) já argumentava que investimentos que criam possibilidades de crescimento para a empresa são análogos a opções de compra. Essa idéia também foi compartilhada por Morris, Teisberg e Kolbe (1991), Dixit e Pindyck (1995), entre outros, no sentido de que uma opção de compra cria oportunidades futuras (tais como desenvolvimento de novas linhas de produtos ou melhoria da eficiência) sem comprometer

a empresa com o investimento total. É esse ponto que causa as diferenças entre as abordagens tradicionais e a da teoria das opções reais, uma vez que a perda fica limitada ao montante investido, o potencial de ganho é ilimitado e, quanto maior for a incerteza comercial, maior será o valor do projeto.

6. AVALIAÇÃO DE UM PROJETO REAL DE P&D

6.1. Descrição do produto

O XPTO (nome fictício para preservar o produto) é um sistema desenvolvido pela empresa X para controle de acesso dos assinantes de uma rede de TV a cabo aos serviços de dados em altas velocidades, utilizando o protocolo IP. O sistema é voltado para a oferta do serviço de acesso à Internet, embora também possa servir como uma plataforma de abrangência local ou metropolitana para acesso a outros provedores de serviços *on-line*, bem como para acesso remoto a redes privadas corporativas. Embora o produto já tenha sido comercializado e esteja sendo usado na prática, não serão apresentadas mais informações a seu respeito, uma vez que ele é confidencial. Mais detalhes do que é apresentado a seguir podem ser obtidos em Santos (2001).

6.2. Dados obtidos pela análise tradicional

Neste item são apresentados os valores que uma equipe da empresa que desenvolveu o produto obteve a partir da análise tradicional. Ressalta-se que esses valores foram alterados para

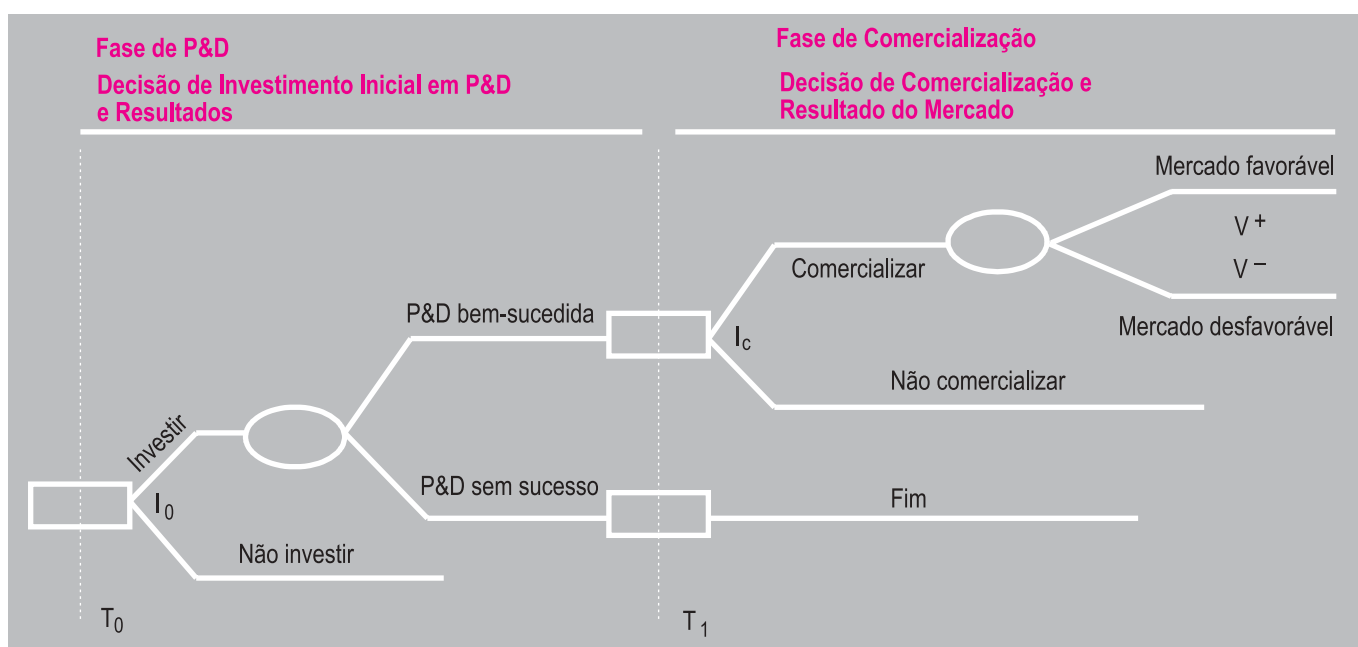


Figura 3: Árvore de Decisão Típica para Processos de Investimentos Sequenciais em P&D

Fonte: Herath e Park (1999).

garantir a confidencialidade do projeto. Todavia, o importante é o procedimento a ser adotado. O projeto teve início em 1997.

Os dados mais importantes estão listados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1

Custo Afundado do Projeto XPTO

Custos		Em R\$
Investimentos em Pesquisa (Custo Afundado)		
Investimento Início (1997)		690.944
Investimento Início (1998)		690.944
Valor Presente do Investimento (1997)		1.286.585
Valor Presente do Investimento (1999)		1.731.229

Tabela 2

Resultados da Análise Tradicional do Projeto de P&D do XPTO

Análise Tradicional		Em R\$
Para a Receita Total		
VP FC Otimista Início (1999)		15.478.115
VP FC Provável Início (1999)		11.055.704
VP FC Pessimista Início (1999)		6.779.708
VP FC Distribuição Beta Início (1999)		11.080.107
VP FC Distribuição Beta Início (1997)		8.234.324
Para o Investimento em Produção e Comercialização		
VP Inv. Otimista Início (1999)		7.466.713
VP Inv. Provável Início (1999)		5.740.554
VP Inv. Pessimista Início (1999)		4.065.699
VP Inv. Distribuição Beta Início (1999)		5.749.104
VP Inv. Distribuição Beta Início (1997)		4.272.521
Receita Líquida Total		
VPL Inv. Otimista Início (1999)		8.011.402
VPL Inv. Provável Início (1999)		5.315.151
VPL Inv. Pessimista Início (1999)		2.714.010
VPL Inv. Distribuição Beta Início (1999)		5.331.002
VPL Inv. Distribuição Beta Início (1997)		3.961.803

No estudo a ser realizado, adotar-se-á o seguinte:

- Data 0: Início de 1997 (quando se deu início à pesquisa);
- Data 1: Início de 1998 (quando foi feito um segundo investimento para se ter a opção de desenvolver, ou não, o produto na data seguinte);
- Data 2: Início de 1999, quando é necessário que seja tomada a decisão de:
 - compra — realizar investimento para produção e comercialização própria (opção de deferimento, similar à opção de compra), ou
 - venda — venda dos direitos de comercialização para terceiros (opção de abandono, similar à opção de venda).

O fluxo de caixa constante na figura 4 demonstra apenas os resultados obtidos pela utilização da distribuição beta.

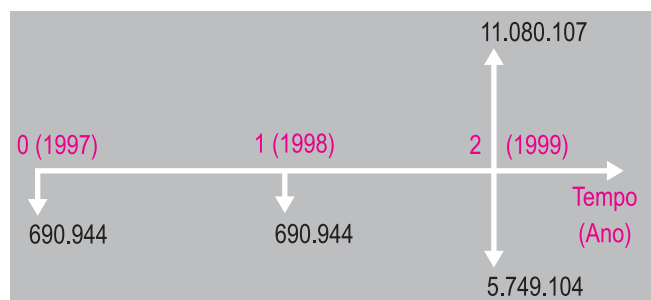


Figura 4: Fluxo de Caixa do XPTO Obtido por Análise Tradicional e Distribuição Beta

Os valores desembolsados com a pesquisa ocorreram de forma contínua (mensalmente), entretanto, para facilitar os cálculos, considerou-se que ocorreram nos anos de 1997 e 1998. Para o ano de 1999, após a análise realizada pela forma tradicional, chegou-se aos valores apresentados na figura 4. Esses números incluem todos os gastos e recebimentos previstos para os nove anos da vida útil do projeto.

Para o ano de 2000, a tabela 3 mostra a previsão do fluxo de caixa determinístico para o cenário com o volume mais provável de vendas. Os dados dessa tabela servem como exemplo do detalhamento dos gastos e receitas considerados na análise. Os dados detalhados para os demais anos podem ser encontrados em Santos (2001).

Tabela 3

Fluxo de Caixa Determinístico para o Cenário com o Volume mais Provável de Vendas

Em R\$	
Histórico	2000
Licença	1.759.949
Serviço	527.985
Receita Total Líquida de Impostos	2.287.934
Custos + Despesas	
Custo Variável	168.077
Custo Fixo	233.435
Depreciação	4.680
= Total (Custos alocáveis diretamente)	406.192
Custo Indireto	21.543
Overhead	193.884
Total (Custos + Despesas)	621.619
= Resultado Operacional	1.666.315
(-) Imposto de Renda (25%)	416.579
(-) Contribuição Social (8%)	133.305
= Resultado Operacional Líquido	1.116.431
+ Depreciação	4.680
= Fluxo de Caixa Líquido	1.121.111

6.3. Aplicando a teoria das opções reais

A avaliação que segue valer-se-á de dois métodos para o cálculo do valor do projeto. O primeiro deles é o proposto por Kallberg e Laurin (1997) e o segundo é o modelo de Geske (1979), ajustado para avaliação de opções reais por Kemna (1993).

6.3.1. Aplicando o modelo de Kallberg e Laurin

No trabalho de Kallberg e Laurin (1997) foram consideradas duas opções: a de escalonamento (*time-to-build*) e a de crescimento (*growth option*). A primeira opção foi calculada pelo método binomial proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979) e a segunda, pelo método de Black e Scholes (1973). No presente trabalho, entretanto, serão consideradas como mais importantes as opções de: **deferimento** (que é análoga a uma opção de compra), **venda** (venda dos direitos de comercialização para terceiros, similar à opção de abandono) e a de **escalonamento** (*time-to-build* — opção de abandono durante a construção). Dessa forma, ter-se-ia a estrutura mostrada na figura 5 no processo de cálculo do valor do projeto XPTO.

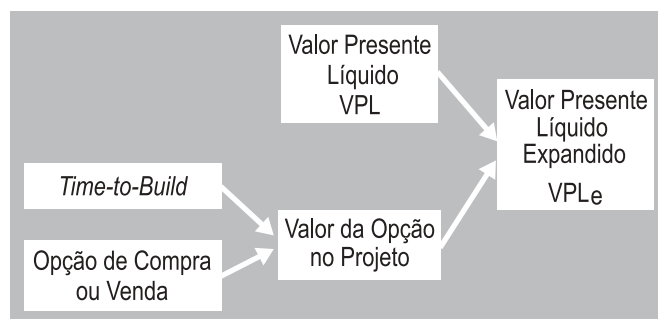


Figura 5: Estrutura Básica do Modelo

Fonte: Adaptada de Kallberg e Laurin (1997).

O primeiro passo no modelo é o cálculo do valor presente líquido pelo método tradicional. Serão consideradas duas alternativas:

- investimento, produção e comercialização própria por parte da empresa pesquisadora;
- venda dos direitos de comercialização para terceiros.

6.3.2. O valor presente líquido tradicional da opção de compra

Os valores a serem utilizados para os cálculos no caso da opção de investimento, produção e comercialização própria por parte da empresa pesquisadora são apresentados na tabela 4. Os dados foram obtidos a partir da análise feita pela própria empresa X.

O cálculo do valor presente líquido da opção de compra (investimento por parte da empresa X) pelo método tradicional (VPL_{Trad_1}) se dá da seguinte maneira:

$$VPL_{Trad_1} = -690.944 - 690.944 \cdot (1,16)^{-1} - 5.749.104 \cdot (1,16)^{-2} + (15.478.115 \cdot 1/6 + 11.055.704 \cdot 4/6 + 6.779.708 \cdot 1/6) \cdot (1,16)^{-2} = 2.675.218 \quad [4]$$

$$VPL_{Trad_1} = R\$ 2.675.218$$

A taxa de desconto de 16% é a utilizada pela empresa.

Tabela 4

Dados do Projeto Real — Opção de Compra

Análise de Projeto de P&D (Opção de Compra — 1)			
Ano	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Probabilidade (%)
0 (1997)	690.944 (l_{01})	0	
1 (1998)	690.944 (l_{11})	0	
2 (1999)	5.749.104 (l_{21})	15.478.115 (A)	1/6
		11.055.704 (B)	4/6
		6.779.708 (C)	1/6

6.3.3. O valor presente líquido tradicional da opção de venda

Os valores a serem utilizados para os cálculos no caso da opção de venda dos direitos de comercialização para terceiros são apresentados na tabela 5.

Tabela 5

Dados do Projeto Real — Opção de Venda

Análise de Projeto de P&D (Opção de Venda — 2)		
Ano	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0 (1997)	690.944 (l_{02})	0
1 (1998)	690.944 (l_{12})	0
2 (1999)		4.396.000

O valor para o fluxo de caixa em 2 é o Valor de Mercado XPTO Esperado, obtido através da análise probabilística realizada pela empresa X:

$$[E(\text{Valor de Mercado})] = R\$ 4.396.000 \quad [5]$$

O cálculo do valor presente líquido tradicional (VPL_{Trad_2}) ocorre da seguinte maneira:

$$VPL_{Trad_2} = -690.944 - 690.944 \cdot (1,16)^{-1} + 4.396.000 \cdot (1,16)^{-2} = 1.980.359 \quad [6]$$

$$VPL_{Trad_2} = R\$ 1.980.359$$

6.3.4. O valor do projeto obtido pela árvore de decisão

O valor obtido por meio da árvore de decisão pode ser visto na figura 6.

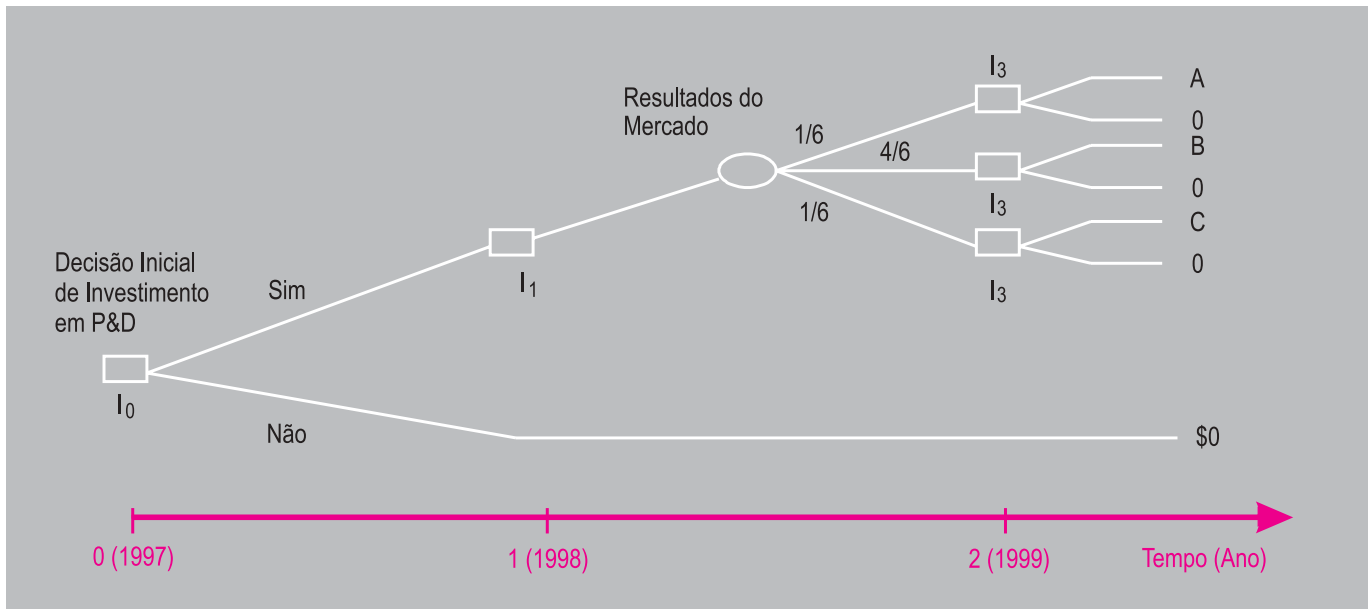


Figura 6: Árvore de Decisão do Projeto de P&D

O valor esperado para o ano 2 [VE(2)] é, dessa forma:

$$VE(2) = 1/6*(15.478.115 - 5.749.104) + 4/6*(11.055.704 - 5.749.104) + 1/6*(6.779.708 - 5.749.104) = 5.331.002$$

VE(2) = R\$ 5.331.002

Descontando-se esse valor à data zero (1997) e adicionando-se os investimentos feitos nos anos 0 e 1, obtém-se o seguinte valor para o projeto:

$$VPL = - 690.944 - 690.944*(1,16)^{-1} + 5.331.002*(1,16)^{-2} = 2.675.218$$

VPL(AAD) = R\$ 2.675.218

A análise feita pela árvore de decisão geralmente já incorpora o valor das decisões tomadas pela administração quando o cenário para o projeto se mostra desfavorável. O valor para o projeto obtido pela análise por árvore de decisão (AAD) é o mesmo obtido pelo valor presente líquido tradicional, pois o cenário não se mostrou desfavorável em nenhuma situação.

6.3.5. O cálculo da opção *time-to-build*

O valor da *time-to-build* (valor acrescentado pelo fato de haver a possibilidade de parar o projeto durante a pesquisa caso os resultados não se mostrem favoráveis), assim como no caso do modelo de Kallberg e Laurin (1997), será obtido através do modelo binomial. O procedimento a ser seguido será o mesmo usado por esses autores. O valor a ser obtido revelará qual o valor da opção de realizar o investimento de

forma escalonada, decidindo-se prosseguir ou não com o projeto, dependendo do desvendamento das incertezas. Tal procedimento também pode ser encontrado em Santos e Pamplona (2001).

Usando-se uma fórmula para precificação de opção binomial passo a passo, é possível calcular o valor do projeto, ou seja, assume-se que o valor do projeto move-se para cima ou para baixo em pontos discretos no tempo. Isso é feito usando a fórmula para opção de compra em um período. Para o projeto analisado, a taxa ajustada ao risco e a taxa livre de risco são, respectivamente, 16% e 6,17% (adotadas pela empresa X). As fórmulas constam no quadro 1.

A distribuição do fluxo de caixa e suas probabilidades reais correspondentes podem ser replicadas em uma árvore binomial (ver figura 7). Essas probabilidades não foram assumidas na análise original por parte da empresa X; dessa forma, as probabilidades reais q e $1 - q$, em cada ramo, serão assumidas como iguais a 0,5. Elas, entretanto, podem variar. A probabilidade q representa a possibilidade de sucesso ao avançar de uma fase para outra e, portanto, dependerá das estimativas por parte da administração. Os cálculos abaixo são feitos adotando-se o valor $q = 0,5$, mas esses valores podem variar de acordo com as previsões gerenciais. Os valores A, B e C constam na tabela 4.

Todos os parâmetros estão agora disponíveis para a probabilidade neutra ao risco e podem ser inseridos na equação. Assim:

$$p = (1.0617 - 0.933) / (1.387 - 0.933) = 0.283 \quad [9]$$

Quando se incluem os investimentos na árvore binomial, esses devem ser seus equivalentes certos (ver tabela 6). Isso desde que todos os fluxos na árvore sejam descontados à taxa

Quadro 1

Modelo de Precificação de Opção Binomial para um Período

Modelo Binomial para Precificação de Opção de Compra para um Projeto (para um Período)		
	Notação	
$F = \frac{pFu + (1-p)Fd}{r}$	F	FCD expandido — incluindo a opção de flexibilidade em cada período
$F_u = \text{Max}(uV - I, 0)$	Fu	Valor do projeto se o valor bruto aumenta em valor
$F_d = \text{Max}(dV - I, 0)$	Fd	Valor do projeto se o valor bruto diminui em valor
$p = \frac{r - d}{u - d}$	V	Valor bruto do projeto
	P	Probabilidade neutra ao risco
	r	1 + taxa livre de risco
	u	1 + mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto aumenta
	d	1 + mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto diminui

Fonte: Kallberg e Laurin (1997).

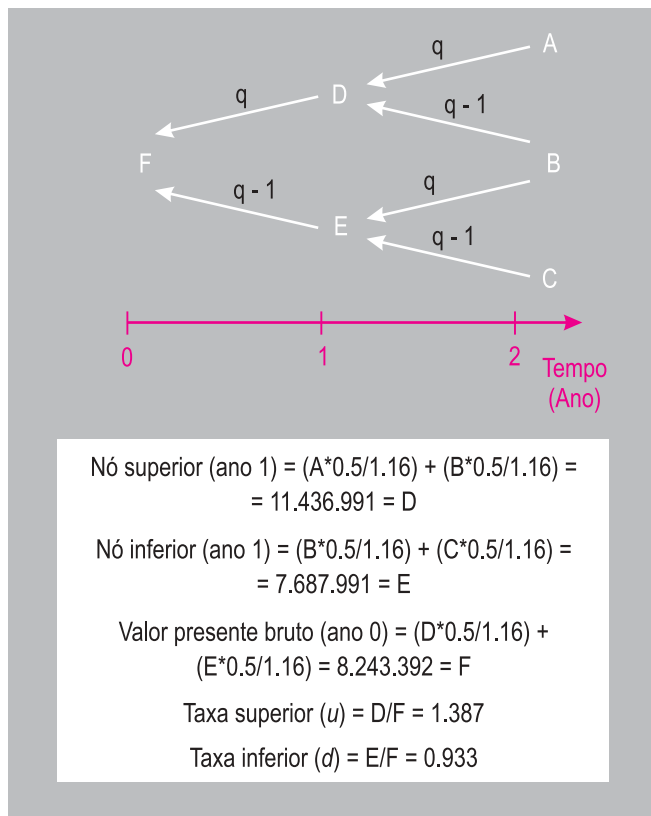


Figura 7: Árvore Binomial do Projeto de P&D

ajustada ao risco. É importante observar que o investimento de R\$ 5.749.104 no ano 2 é igual a um investimento de um equivalente certo de R\$ 4.816.015 quando são descontados usando suas taxas de desconto correspondentes, por 16% e 6,17% [$5.749.104 \cdot (1.16)^{-2} = \text{R\$ } 4.272.521$ o que é igual ao

Tabela 6

Equivalente Certo do Fluxo de Caixa do Projeto de P&D

Em R\$	
Fluxo de Caixa Esperado	Equivalente Certo do Fluxo de Caixa
690.944	578.803 (G)
5.749.104	4.816.015 (H)

equivalente certo $\text{R\$ } 4.272.521 \cdot (1.0617)^2 = \text{R\$ } 4.816.015$, quando descontado à data zero].

Por exemplo, o VPL expandido (VPL_e) para o nó superior, calculado voltando-se um período, do ano 2 para o ano 1, usando as fórmulas do quadro 1, fornece:

$$F_{1u} = \frac{0.283 \cdot 10.662.100 + (1 - 0.283) \cdot 6.239.689}{1.0617} = \quad [10]$$

$$7.055.883 = F_{1u}$$

$$F_{1d} = \frac{0.283 \cdot 6.239.689 + (1 - 0.283) \cdot 1.963.693}{1.0617} = \quad [11]$$

$$1.989.357 = F_{1d}$$

Na figura 8 pode ser observada a árvore binomial do projeto XPTO.

É possível calcular o valor do projeto na data zero, usando-se a fórmula do quadro 1. Assim, ver equação [12].

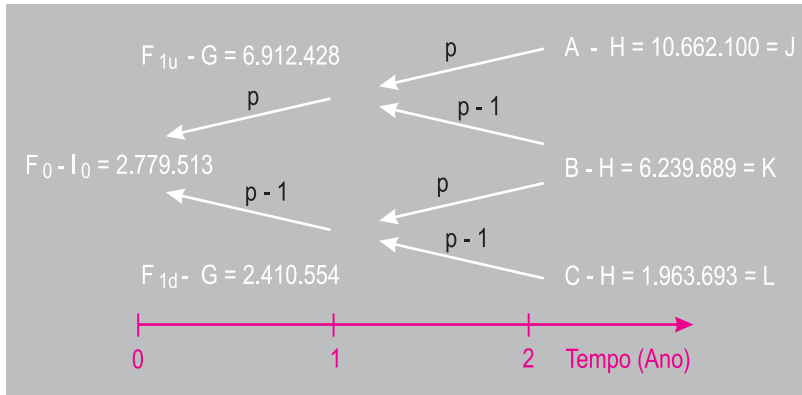


Figura 8: Árvore Binomial do Projeto XPTO

$$F_0 = \frac{0.283 \cdot 6.912.428 + (1 - 0.283) \cdot 2.410.554}{1.0617} = \quad [12]$$

$$3.470.457 = F_0$$

Como visto na figura 8, o $VPL_{\text{expandido}}$ (que inclui a opção *time-to-build*) para o projeto de P&D na data zero é:

$$VPL_{\text{expandido}} = 3.470.457 - 690.944 = 2.779.513 \quad [13]$$

$$VPL_{\text{expandido}} = \text{R\$ } 2.779.513$$

A comparação desse valor com aquele obtido pelo tradicional VPL, R\$ 2.675.218, revela que a inclusão da flexibilidade presente no projeto, a *time-to-build option*, tem um valor de:

- Valor da opção *time-to-build* (opção de compra – 1)

$$= VPL_{\text{expandido}} - VP_{\text{trad}} = 2.779.513 - 2.675.218 = 104.295 \quad [14]$$

$$\text{Valor da Opção Time-To-Build (1)} = \text{R\$ } 104.295$$

- Valor da opção *time-to-build* (opção de venda – 2)

$$= VPL_{\text{expandido}} - VP_{\text{trad}} = 2.779.513 - 1.980.359 = 799.154 \quad [15]$$

$$\text{Valor da Opção Time-To-Build (2)} = \text{R\$ } 799.154$$

Os métodos tradicionais de desconto de fluxos esperados falham ao captar o valor total do projeto. Tal fato ocorre porque se assume que a decisão de fazer todos os três investimentos tenha de ser tomada no início do projeto, o que claramente é uma falsa hipótese. Passar-se-á agora ao cálculo do valor das opções de compra e de venda embutidas no projeto.

6.3.6. Cálculo da opção de investimento para produção e comercialização por parte da empresa X (opção de compra)

Opção de compra é o valor adicionado ao projeto pelo fato de o investidor ter o direito, mas não a obrigação, de mais tarde optar pela continuação do projeto pelo exercício da opção (investimento em produção), obtendo-se o fluxo de caixa do projeto como o ativo subjacente. Como essa opção, que pode ser encarada como uma opção de **deferimento** só pode ser exercida na data de vencimento, será considerada como uma opção europeia, utilizando-se a fórmula de Black e Scholes (1973) para opção de compra.

No modelo de Kallberg e Laurin (1997), considerou-se a opção de crescimento, além da *time-to-build*. Neste trabalho, entretanto, considerar-se-á a opção de compra (deferimento), uma vez que se crê haver uma obsolescência do produto com o passar do tempo, não se vislumbrando alguma outra possibilidade de lançamento de uma versão mais avançada do produto. Valer-se-á do modelo de precificação de Black e Scholes (1973) para o cálculo do valor das opções. Esse modelo tem sido um dos mais utilizados em P&D (NICHOLS, 1994; MINARDI, 2000).

Os valores a serem introduzidos na fórmula de precificação de opção de compra de Black e Scholes (1973) são os que constam no quadro 2.

Quadro 2

Analogia de P&D com Opções Financeiras O Caso Estudado: Opção de Compra

Opção Financeira	Opção de P&D (Compra)
Valor do Ativo Subjacente (S)	Fluxo de Caixa do Projeto em: (1999) = 11.080.107 (1997) = 8.234.324
Preço de Exercício da Opção de Compra do Projeto de P&D (E)	Investimento para Produção e Comercialização em: (1999) = 5.749.104 (1997) = 4.272.521
Prêmio da Opção de P&D (deve ser comparado ao valor da opção obtido por B&S)	Investimento total em Pesquisa em: (1999) = 1.731.229 (1997) = 1.286.585
Data de Vencimento (1999)	2 anos
Desvio-Padrão = Volatilidade	30% — adotada (deve ser obtida a partir de ativos idênticos — <i>twin security</i>)

Pode-se, então, inserir os dados do quadro 2 na fórmula de Black e Scholes (1973) para a opção de compra. No caso estudado será utilizada a seguinte fórmula:

$$C = S_0 N(d_1) - E e^{-rt} N(d_2) \quad [16]$$

Em que:

S_0 = Preço do Ativo na Data Zero (1997) = Fluxo de Caixa do Projeto em 1997 = R\$ 8.234.324.

E = Preço de Exercício em 1999 = Investimento para Produção e Comercialização em 1999 = R\$ 5.749.104.

r = 6,17 % ao ano.

σ = 30% (adotada, mas deveria ser obtida a partir de ativos idênticos — *twin security*).

t = 2 anos.

Dessa forma, tem-se:

$$d_1 = [\ln(8.234.324 / 5.749.104) + (0,0617 + 0,5 * 0,3^2) * 2] / 0,3 * \sqrt{2} = 1,35$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t} = 1,35 - 0,3 * \sqrt{2} = 0,93$$

$$N(d_1 = 1,35) = 0,4115$$

$$N(d_2 = 0,93) = 0,3228$$

Efetuada as operações, obtém-se o valor para a opção de compra do projeto de P&D:

$$C = 8.234.324 * 0,4115 - 5.749.104 e^{-0,0617 * 2} * 0,3228 \quad [17]$$

C = R\$ 1.748.055

Esse valor deve ser comparado com o prêmio (investimento em pesquisa) total descontado no ano de 1997 (Inv. = 1.286.585). Como o valor da opção de compra $C = 1.748.055 > I = 1.286.585$, é dito que a opção está **no dinheiro**. Dessa forma, um projeto que apresente, nas condições assumidas, a opção de ter o direito, mas não a obrigação de continuar com o projeto, deve ter o valor C adicionado ao valor do projeto.

6.3.7. Venda dos direitos de comercialização para terceiros

Opção de venda é o valor adicionado ao projeto pelo fato de o investidor ter o direito, mas não a obrigação de, mais tarde, optar pela venda dos direitos de comercialização para terceiros. Ela deve ser encarada como uma opção de abandono. Nela o preço de exercício é igual à economia conseguida com a venda dos ativos ou de sua melhor utilização. Nesse caso, entretanto, o preço de exercício será visto como o valor a ser obtido pela venda dos direitos de comercialização para terceiros. Como essa opção só pode ser exercida na data de vencimento, será considerada como uma opção européia, sendo utilizado para o seu cálculo a fórmula de Black e Scholes (1973) para a opção de venda.

Os valores a serem introduzidos na fórmula de precificação de opção de venda de Black e Scholes (1973) são os que constam no quadro 3.

Quadro 3

Analogia de P&D com Opções Financeiras O Caso Estudado: Opção de Venda

Opção Financeira	Opção de P&D (Venda)
Valor do Ativo Subjacente (S)	Valor Presente do Projeto no caso de investimento em produção e comercialização própria VP = 11.080.107 (1999) VP = 8.234.324 (1997)
Preço de Exercício da Opção de Venda do Projeto de P&D	Valor obtido pela venda dos direitos de comercialização para terceiros E(Valor de Mercado) = 4.396.000 (1999) E(Valor de Mercado) = 3.266.944 (1997)
Prêmio Pago pela Opção de Venda do Projeto de P&D	Investimento em Pesquisa em: (1999) = 1.731.229 (1997) = 1.286.585
Data de Vencimento (1999)	2 anos
Desvio-Padrão = Volatilidade	30% — adotada (deve ser obtida de ativos idênticos — <i>twin security</i>)

Pode-se então inserir os dados do quadro 3 na fórmula de Black e Scholes (1973) para a opção de venda:

$$P = E e^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad [18]$$

Em que:

S_0 = Preço do Ativo na Data Zero (1997) — obtido pela exploração própria por parte da empresa pesquisadora do projeto = R\$ 8.234.324.

E = Preço de Exercício em 1999 = Preço de Venda do Projeto = E(Valor de Mercado) = R\$ 4.396.000 (1999).

r = 6,17 % ao ano.

σ = 30% (adotada, mas deveria ser obtida a partir de ativos idênticos — *twin security*).

t = 2 anos.

Dessa forma, tem-se:

$$d_1 = [\ln(8.234.324 / 4.396.000) + (0,0617 + 0,5 * 0,3^2) * 2] / 0,3 * \sqrt{2} = 1,98$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t} = 1,98 - 0,3 * 2 = 1,56$$

$$N(-d_1) = N(-1,98) = 0,5 - 0,4761 = 0,0239$$

$$N(-d_2) = N(-1,56) = 0,5 - 0,4406 = 0,0594$$

Efetuada as operações, obtém-se o valor para a opção de venda do projeto de P&D:

$$P = 4.396.000 e^{-0,0617 * 2} 0,0594 - 8.234.324 * 0,0239 \quad [19]$$

$$P = R\$ 34.008$$

Como o valor da opção $P = R\$ 34.008 < Invest.$ em pesquisa = R\$ 1.286.585, conclui-se que a opção está **fora do dinheiro**, ou seja, não valeria a pena vender o projeto.

6.3.8. Valor total do projeto: investimento em produção e comercialização própria por parte da empresa X

No caso em consideração foram analisadas duas opções: a *time-to-build* e a opção de investimento em produção e comercialização (compra), obtida pela fórmula de Black e Scholes (1973). Os cálculos seguiram o que fôra proposto por Kallberg e Laurin (1997), pelo fato de haver forte analogia entre os projetos analisados. Assim como no estudo de Kallberg e Laurin (1997), as duas opções serão consideradas aditivas, não sendo feita uma análise da interação entre elas. Dessa forma, o valor obtido para o projeto será:

$$VPL_{(TOR)_1} = VPL_{Trad_1} + Time-to-Build + Opção de Compra (C) \quad [20]$$

Em que:

- $VPL_{(TOR)_1}$ = Valor do Projeto obtido pela TOR, considerando-se o investimento em produção e comercialização própria por parte da empresa pesquisadora do produto.
- VPL_{Trad_1} = Valor Presente Líquido obtido pela forma tradicional para o caso de investimento em produção e comercialização própria por parte da empresa.
- Opção *Time-to-Build* (escalonamento) = A construção em estágios cria a opção de abandonar o projeto se a informação a respeito do seu valor não for favorável. Cada estágio pode ser visto como uma opção de compra no valor dos estágios subsequentes e, como tal, ser avaliada como uma opção de compra composta.
- Opção de Compra (C) = É o valor adicionado ao projeto pelo fato de o investidor ter o direito, mas não a obrigação, de mais tarde optar pela continuação do projeto através do exercício da opção (investimento em produção), obtendo-se o fluxo de caixa do projeto como o ativo subjacente.

Como já estão disponíveis os valores em questão, pode-se obter o resultado final. Dessa forma, tem-se:

$$VPL_{(TOR)_1} = VPL_{Trad_1} + Time-to-Build + Opção de Compra (C) \quad [21]$$

$$VPL_{(TOR)_1} = 2.675.218 + 104.295 + 1.748.055 = 4.527.568$$

Logo:

$$VPL_{(TOR)_1} = R\$ 4.527.568$$

Ver-se-á agora qual será o valor do projeto caso a opção seja pela venda dos direitos de comercialização a terceiros.

6.3.9. Valor total do projeto: venda dos direitos de comercialização para terceiros

No caso em estudo foram analisadas duas opções: a *time-to-build* e a opção de venda dos direitos de comercialização (venda), obtida pela fórmula de Black e Scholes (1973). Dessa forma, o valor obtido para o projeto será:

$$VPL_{(TOR)_2} = VPL_{Trad_2} + Time-to-Build + Opção de Venda (P) \quad [22]$$

Em que:

- $VPL_{(TOR)_2}$ = Valor do Projeto obtido pela TOR considerando-se a venda dos direitos de comercialização para terceiros.
- Opção de Venda = Valor adicionado ao projeto pelo fato de o investidor ter o direito, mas não a obrigação, de mais tarde optar pela venda dos direitos de comercialização para terceiros.

Como já estão disponíveis os valores em questão, pode-se obter o resultado final. Assim:

$$VPL_{(TOR)_2} = VPL_{Trad_2} + Time-to-Build + Opção de Venda (P) \quad [23]$$

$$VPL_{(TOR)_2} = 1.980.359 + 799.154 + 34.008 = 2.813.521$$

Logo:

$$VPL_{(TOR)_2} = R\$ 2.813.521$$

6.3.10. Considerações finais sobre os valores obtidos pelo modelo de Kallberg e Laurin

Como se pôde perceber, a inclusão das opções presentes no projeto aumentou em cerca de 70% seu valor, se comparada à análise tradicional, considerando-se a possibilidade de investimento em produção e comercialização do produto por parte da própria empresa. Já no caso da venda dos direitos de comercialização do produto, esse aumento foi de 42%.

Tal análise vem corroborar o que tem sido mencionado pela literatura da Teoria das Opções Reais, ou seja, a análise dos investimentos feita pela forma tradicional tem ignorado as flexibilidades presentes nos projetos. Tal fato ocorre porque a análise tradicional é realizada como se todas as decisões tivessem de ser tomadas no início do projeto, o que naturalmente é uma falsa hipótese.

As duas análises realizadas revelaram que a opção de investimento em produção e comercialização própria por parte da empresa pesquisadora do produto XPTO apresenta um valor presente maior, incluídas as flexibilidades embutidas no projeto.

$$VPL_{(TOR)_1} = R\$ 4.527.568 > VPL_{(TOR)_2} = R\$ 2.813.521$$

Dessa forma, a menos que alguma empresa esteja disposta a pagar o equivalente a $VPL_{(TOR)_1} = R\$ 4.527.568$ pela aquisição dos direitos de exploração, será preferível optar pela investimento em produção e comercialização própria por parte da empresa.

7. CÁLCULO DO VALOR DO PROJETO UTILIZANDO O MODELO DE GESKE

Geske (1979) desenvolveu uma solução para avaliar a **opção composta**. O modelo, ilustrado pela figura 9, na qual já constam os dados do projeto, apresenta duas oportunidades de crescimento seguidas ao investimento inicial. A primeira seria o investimento K^* na fase de testes, já a segunda seria o investimento K em produção e comercialização para se obter o fluxo de caixa do projeto (previsto para nove anos).

Perlitz, Peske e Schrank (1999) aconselham que o modelo de Geske (1979) seja utilizado no cálculo de opções com as características do projeto anteriormente ilustrado. Segundo os autores, assumindo que o valor do projeto segue o processo do movimento geométrico browniano, essa opção composta pode ser avaliada analiticamente em termos de integrais da distribuição normal bivariada. Uma opção composta pode ser avaliada analiticamente pela abordagem de Geske (1979) e ajustada para a avaliação de opções reais de Kemna (1993), como o seguinte:

$$G = F e^{-r\tau} M(k, h; \rho) - K e^{-r\tau} M(k - \sigma\sqrt{\tau^*}, k - \sigma\sqrt{\tau}; \rho) - K^* e^{-r\tau} N(k - \sigma\sqrt{\tau^*}) \quad [24]$$

O significado de cada variável pode ser encontrado em Santos e Pamplona (2002). Dessa forma, realiza-se o cálculo da opção:

$$\rho = \left(\frac{\tau^*}{\tau} \right)^{1/2} = (1/2)^{0,5} = 0,707;$$

$$F = R\$ 11.080.107;$$

$$\sigma = 0,3 \text{ (adotado);}$$

$$K = R\$ 5.749.104;$$

$$K^* = R\$ 690.944;$$

$$r = 6,17\% \text{ ao ano;}$$

$$\tau = 2;$$

$$\tau^* = 1;$$

F_c = Valor Crítico do Projeto acima do qual a primeira opção será exercida (observação: será adotado $F_c = 8.500.000$, contudo, segundo Kemna (1993), esse valor pode ser obtido pelo procedimento de Newton-Raphson);

Cálculo de h e de k :

$$h = \frac{\ln(F/K) + \frac{1}{2}\sigma^2\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} = \frac{\ln(11.080.107/5.749.104) + \frac{1}{2}0,3^2 \cdot 2}{0,3\sqrt{2}} = 1,76$$

$$k = \frac{\ln(F/F_c) + \frac{1}{2}\sigma^2\tau^*}{\sigma\sqrt{\tau^*}} = \frac{\ln(11.080.107/8.500.000) + \frac{1}{2}0,3^2 \cdot 1}{0,3\sqrt{1}} = 1,03$$

$$N(k - \sigma\sqrt{\tau^*}) = N(1,03 - 0,3\sqrt{1}) = N(0,73) = 0,2673;$$

$$M(k, h; \rho) = M(1,03, 1,76; 0,707) \cong 1,00;$$

$$M(k - \sigma\sqrt{\tau^*}, k - \sigma\sqrt{\tau}; \rho) = M(0,73, 0,61; 0,707) \cong 0,75.$$

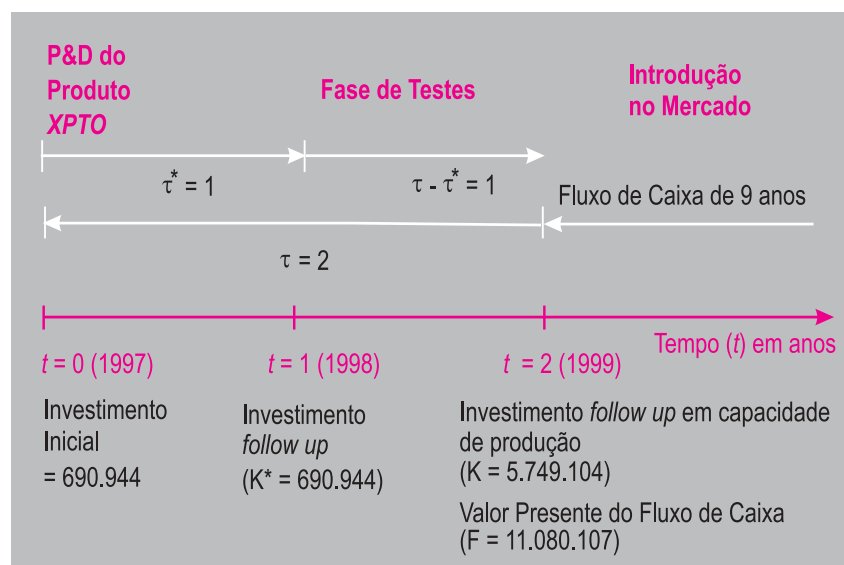


Figura 9: Ilustração Simplificada do Processo de P&D do XPTO

Fonte: Adaptada de Perlitz, Peske e Schrank (1999).

Utilizando-se, então, a fórmula de precificação de opção composta de Kemna (1993), resulta um valor da opção composta de:

$$G = R\$ 5.819.300$$

O valor do projeto consiste no valor presente dos ativos alocados (*assets in place*) e o valor presente das oportunidades de crescimento captado com a avaliação da abordagem baseada em opções.

- valor do projeto = custo afundado + oportunidades de crescimento;
- o valor presente do investimento inicial (*sunk cost*) é de R\$ -690.944;
- o valor presente das oportunidades de crescimento é igual ao valor da opção composta $G = R\$ 5.819.300$;
- o valor de se investir no projeto XPTO tem, portanto, valor total igual a

$$\text{VPL (Geske)} = \text{R\$ } 5.819.300 - \text{R\$ } 690.944 = \text{R\$ } 5.128.356$$

Assim:

$$\text{VPL (Geske)} = \text{R\$ } 5.128.356$$

O valor presente líquido do projeto, calculado da maneira tradicional, havia produzido um valor de R\$ 2.675.218. O valor obtido pelo modelo de Geske, feitas as ressalvas às aproximações, é cerca de 92% maior do que aquele obtido pelo modelo tradicional. Ao ver-se valores tão diferentes, logo vem à mente a seguinte questão: Por que o valor é substancialmente maior do que o tradicional VPL? As razões apresentadas por Perlitz, Peske e Schrank (1999) são as seguintes:

- As técnicas do FCD são muito dependentes da taxa de desconto aplicada. No caso de projetos de P&D essas taxas são freqüentemente ajustadas ao risco, isto é, conduzem a altos descontos. Na precificação por opções o uso da taxa ajustada ao risco é evitado.
- O efeito da taxa de desconto é, além disso, reforçado por longos horizontes de tempo aplicados às decisões de investimento em P&D.
- Longos horizontes de tempo permitem mais tempo para reagir às mudanças das condições. No caso do exemplo, existe a possibilidade de parar o investimento ou investir se o resultados das fases anteriores for conhecido. Esse efeito é levado em consideração nas avaliações das opções reais, não no cálculo tradicional do VPL.
- A alta volatilidade do valor das **saídas** de P&D influencia positivamente o valor da opção porque grandes retornos podem ser gerados, mas pequenos retornos podem ser evitados pela reação às mudanças das condições. No cálculo do VPL, altas volatilidades conduzem a um prêmio de risco na taxa de desconto e, então, a um menor VPL.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tabela 7 resume os resultados obtidos pela aplicação dos vários métodos.

Tabela 7
Resultados Finais

Método	Resultado (R\$)
Valor Presente Líquido — Investimento em Produção e Comercialização Própria ($\text{VPL}_{\text{Trad}_1}$)	2.675.218
Valor Presente Líquido — Venda dos Direitos ($\text{VPL}_{\text{Trad}_2}$)	1.980.359
Análise por Árvore de Decisão (AAD_{-1})	2.675.218
Análise por Árvore de Decisão (AAD_{-2})	1.980.359
Valor Presente Líquido pelo Método de Kallberg e Laurin ($\text{VPL}_{(\text{TOR})_1}$)	4.527.568
Valor Presente Líquido pelo Método de Kallberg e Laurin ($\text{VPL}_{(\text{TOR})_2}$)	2.813.521
Valor Presente Líquido pelo Método de Geske ($\text{VPL}_{(\text{Geske})}$)	5.128.356

A análise feita por meio da árvore de decisão geralmente já incorpora o valor das decisões tomadas pela administração quando o cenário para o projeto se mostra desfavorável. O valor para o projeto obtido através da análise por árvore de decisão (AAD) é o mesmo obtido pelo valor presente líquido tradicional, pois o cenário não se mostrou desfavorável em nenhuma situação.

Como se pôde perceber, a inclusão das opções presentes no projeto, segundo o modelo proposto por Kallberg e Laurin (1997), aumentou em cerca de 70% o valor do projeto, se comparado à análise tradicional, considerando-se a possibilidade de investimento em produção e comercialização do produto por parte da própria empresa. Já no caso da venda dos direitos de comercialização do produto, esse aumento foi de 42%. O valor obtido pelo modelo de Geske (1979), feitas as ressalvas às aproximações, é cerca de 92% maior do que aquele obtido pelo modelo tradicional.

Tal análise vem corroborar o que tem sido mencionado pela literatura da Teoria das Opções Reais, ou seja, a análise dos investimentos feita pela forma tradicional tem ignorado as flexibilidades presentes nos projetos. O fato ocorre porque a análise tradicional é realizada como se todas as decisões tivessem que ser tomadas no início do projeto, o que naturalmente, como já foi dito, é uma falsa hipótese.

Cabe ressaltar que, como limitação do trabalho, o modelo e os dados utilizados referem-se a um projeto específico, não se aplicando a projetos com outras características. O modelo proposto no trabalho, entretanto, pode vir a ser utilizado como exemplo para projetos similares.

Em um ambiente comercial instável e competitivo, as empresas devem sofisticar-se na maneira como avaliam seus investimentos, podendo encarar a teoria das opções reais como uma opção promissora, capaz de auxiliar a administração a pensar mais clara e realisticamente no processo de tomada de decisão.

Alguns modelos têm sido propostos para aplicação em P&D, entretanto todos têm suas vantagens e desvantagens. Caberá à administração, portanto, saber optar por este ou por aquele modelo, procurando aplicar o que melhor se adapte às peculiaridades de um dado projeto. Essa talvez seja uma barreira para a utilização da teoria, uma vez que não há um método padronizado para aplicar-se a toda e qualquer análise de investimento. Uma vez que o processo de tomada de decisão não é simples e, muitas vezes, envolve milhares ou até mesmo milhões de dólares, caberá à administração ficar atenta a essa nova ferramenta, pagando um determinado **prêmio** na busca pela melhor solução.

Como mencionado por Perlitz, Peske e Schrank (1999), há no contexto da Teoria das Opções Reais a necessidade de um processo de padronização de modelos já existentes e traba-

lhos empíricos adicionais devem ser buscados para garantir sua aplicabilidade prática. Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se que a volatilidade do projeto (σ) seja obtida pela abordagem da *twin security*. Sugere-se, também, que se con-

duza uma análise de sensibilidade, variando-se o valor de q no cálculo do item 6.3.4 e de σ nos cálculos do tópico 7. No cálculo da opção composta pelo modelo de Geske, sugere-se a aplicação do procedimento de Newton-Raphson para o cálculo de F_c . ♦

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Strategy and shareholder value creation: the real options frontier, Bank of America. *Journal of Applied Corporate Finance*, v.13, n.2, p.8-21, Summer 2000.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v.81, n.3, p.637-654, May/June 1973.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies*. London: Routledge, 1995.
- COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v.7, n.3, p.229-264, Oct. 1979.
- DIAS, M.A.G. *Investimento sob incerteza em exploração de petróleo*. 1996. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. *Investment under uncertainty*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994.
- _____. The options approach to capital investment. *Harvard Business Review*, May 1995.
- GESKE, R. The valuation of compound option. *Journal of Financial Economics*, v.7, n.1, p.63-81, Mar. 1979.
- GRAHAM, J.R.; HARVEY, C.R. The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, v.60, n.2, p.187-243, May 2001.
- HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C.; CLARK, K.B. *Dynamic manufacturing: creating the learning organization*. New York: The Free Press, 1988. Cap.3, p.61-95.
- HERATH, H.S.B.; PARK, C.S. Economic analysis of R&D projects: an options approach. *The Engineering Economist*, v.44, n.1, p.1-35, 1999.
- INGERSOLL, J.E.; ROSS, S.A. Waiting to invest: investment and uncertainty. *Journal of Business*, v.65, n.1, p.1-29, Jan. 1992.
- KALLBERG, G.; LAURIN, P. *Real options in R&D capital budgeting: a case study at Pharmacia & Upjohn*. 1997. Master Thesis — Department of Economics, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Sweden.
- KEMNA, A.G.Z. Case studies on real options. *Financial Management*, v.22, n.3, p.259-270, Autumn 1993.
- KESTER, W.C. Today's options for tomorrow's growth. *Harvard Business Review*, v.62, n.2, Mar./Apr. 1984.
- KULATILAKA, N. The value of flexibility: the case study of a dual fuel industrial steam boiler. *Financial Management*, v.22, n.3, p.271-280, Autumn 1993.
- LUEHRMAN, T.A. Strategy as portfolio of real options. *Harvard Business Review*, p.89-99, Sept./Oct. 1998a.
- _____. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers. *Harvard Business Review*, v.76, n.4, p.51-67, July/Aug. 1998b.
- MACEDO, M.A.S. Avaliação de projetos: uma visão da utilização da teoria de opções. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. *Anais Eletrônicos...* 1999. 1 CD ROM
- MCDONALD, R.L.; SIEGEL, D.R. The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics*, v.101, n. 4, p.707-727, Nov. 1986.
- MINARDI, A.M.A.F. Teoria de opções reais aplicada a projetos de investimentos. *Revista de Administração de Empresas (RAE-FGV)*, São Paulo, v.40, n.2, p.74-79, abr./jun. 2000.
- MORRIS, P.A.; TEISBERG, E.O.; KOLBE, A.L. When choosing R&D projects, go with long shots. *Research Technology Management*, p.35-40, Jan./Feb. 1991.
- NICHOLS, N.A. Scientific management at Merck: an interview with CFO Judy Lewent. *Harvard Business Review*, p.88-99, Jan./Feb. 1994.
- PERLITZ, M.; PESKE, T.; SCHRANK, R. Real option valuation: the new frontier in R&D project evaluation? *R&D Management*, v.29, n.3, p.255-269, 1999.
- PORTER, M.E. Capital disadvantage: America's failing capital investment system. *Harvard Business Review*, p.65-82, Sept./Oct. 1992.
- QUIGG, L. Empirical testing of real options pricing models. *The Journal of Finance*, v.48, n.2, p.621-639, June 1993.

ROBERTS, K.; WEITZMAN, M.L. Funding criteria for research, development, and exploration projects. *Econometrica*, v.49, n.5, p.1261-1288, Sept. 1981.

SANTOS, E.M. Um estudo sobre a teoria das opções reais aplicada à análise de investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D). 2001. 138p. Dissertação (Mestrado) — Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

SANTOS, E.M.; PAMPLONA, E.O. Captando o valor da flexibilidade gerencial através da teoria das opções reais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador, Bahia, *Anais...* 2001.

_____. Teoria das opções reais: aplicação em pesquisa

e desenvolvimento (P&D). In: ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 2., 2002. *Anais...* Rio de Janeiro: IBMEC, 2002.

SEPPÄ, T.J.; LAAMANEN, T. Valuation of venture capital investments: empirical evidence. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON REAL OPTIONS, 4., 2000, *Proceedings...* June 2000.

TRIGEORGIS, L. The nature of options interactions and the valuation of investments with multiple real options. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.28, n.1, p.1-21, Mar. 1993.

_____. *Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1996.

Real Option Theory: an attractive option in the investment analysis process

The competitive environment in which enterprises are involved has created a need for them to be able to adapt to changes quickly. Companies can achieve this by investing in projects which create options for the companies, making them more flexible. In this context, the use of traditional techniques of investment analysis, mainly the Discounted Cash Flow (DCF), has been severely criticized because it has not been able to capture the "management flexibility" value present in many projects. This fact has led practitioners and academics to search for sophisticated methods of investment analysis which are able to treat uncertainty, irreversibility, and learning. The option pricing theory's ability to quantify the investment's flexibility in strategic projects makes it an attractive choice when compared to the standardized analysis made through DCF. The present work focuses mainly on Real Options Theory applied to investment analysis in Research and Development (R&D) projects. It provides empirical evidence of the underlying power of the theory. This is accomplished by the application of the methodology to assess a real R&D project. This will also contribute in the reduction of the gap between theory and practice. Two methods are used: the Kallberg and Laurin (1997) model and the Geske (1979) model, adapted to real options by Kemna (1993) and pointed by Perlitz, Peske and Schrank (1999) as a good tool to assess compound options. The results of the application are compared with those obtained through the traditional DCF and decision tree. It is concluded that, although it is in a development and establishment process, the Real Option Theory should be faced and used as an important and promising tool, helping managers to think clearly and strategically in a decision making process.

Uniterms: real options, investment analysis, research and development (R&D), managerial flexibility.

Teoría de las Opciones Reales: una opción atractiva en el proceso de análisis de inversiones

El ambiente de competencia en el que las empresas están involucradas las lleva a buscar una rápida adaptación a los cambios y a procurar invertir en proyectos que lleguen a crear opciones, convirtiéndolas, así, en empresas más flexibles. En ese contexto, el uso estático de las técnicas tradicionales de evaluación de inversiones, principalmente el Flujo de Caja Descontado, ha sufrido duras críticas, puesto que dichas técnicas no se han mostrado eficientes para captar el valor de la "flexibilidad administrativa" presente en muchos proyectos. Ello ha llevado a los administradores y académicos a buscar métodos más sofisticados de evaluación de inversiones que sean capaces de trabajar con la incertidumbre, la irreversibilidad y el aprendizaje. La habilidad de la teoría de precificación de opciones para cuantificar la flexibilidad en inversiones en proyectos estratégicos la hace una opción atractiva si comparada con el análisis basado en el Flujo de Caja Descontado. Un proyecto de investigación y desarrollo se puede considerar un caso típico para la aplicación de la Teoría de Opciones Reales, puesto que la decisión de invertir en los resultados de una investigación puede no llegar a realizarse, y la posibilidad de esa decisión no está considerada en los métodos tradicionales. Por lo anterior, este trabajo demuestra la aplicación de la Teoría de Opciones Reales al análisis de inversión en un proyecto real de investigación y desarrollo, contribuyendo, así, a la reducción del gap entre la teoría y la práctica. Se usan dos métodos: el de Kallberg y Laurin (1997) y el de Geske (1979), adaptado para opciones reales por Kemna (1993) y mencionado por Perlitz, Peske y Schrank (1999) como una importante herramienta en la evaluación de opciones compuestas. Se comparan los resultados con aquellos obtenidos por medio del Flujo de Caja Descontado tradicional y del Árbol de Decisión. Se concluye que, aunque la Teoría de las Opciones Reales se encuentre en fase de desarrollo y consolidación, se podría considerarla y usarla como una prometedora herramienta en el proceso de toma de decisión.

Palabras clave: opciones reales, análisis de inversiones, investigación y desarrollo, flexibilidad administrativa.