

QUAL O VALOR DE UM PROJETO DE PESQUISA? UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE OPÇÕES REAIS, ÁRVORE DE DECISÃO E VPL TRADICIONAL NA DETERMINAÇÃO DO VALOR DE UM PROJETO REAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)

Elieber Mateus dos Santos - MsC

Ministério da Ciência e Tecnologia / LNA

Rua Estados Unidos, 154, Bairro das Nações, CEP: 37504-364 – Itajubá -MG

Fone: (35) 3629-8145; Fax: (35) 3623-1544

eliebersantos@yahoo.com.br

Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr.

Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá

Av. BPS, 1030, Pinheirinho, CEP: 37500-903 - Itajubá-MG

Fone: (35) 3629-1117 ; Fax: (35) 3629-1118

pamplona@unifei.edu.br

Resumo

O ambiente de extrema competição no qual as empresas estão inseridas tem feito com que estas busquem rápida adaptação às mudanças, procurando investir em projetos que venham a criar opções, tornando-as, desta forma, mais flexíveis. Neste contexto, o uso estático das técnicas tradicionais de avaliação de investimentos, principalmente o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), tem sofrido duras críticas, uma vez que não têm sido capazes de captar o valor desta “flexibilidade administrativa”. Tal fato tem levado muitos práticos e acadêmicos a apontarem a procura por 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 escolha atrativa se comparada à análise feita pelo padronizado FCD. Do exposto, o presente trabalho vem demonstrar a Teoria das Opções Reais (TOR) aplicada à análise de investimento em um projeto real de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Aplicam-se como métodos de avaliação o tradicional FCD, a Análise por Árvore de Decisões (AAD) e a análise através das Opções Reais.

1. Considerações Iniciais

As mudanças que estão se processando na natureza da competitividade e a pressão crescente da globalização faz 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 em pesquisa e desenvolvimento (P&D), treinamento e desenvolvimento de habilidades de funcionários, sistemas de informações, desenvolvimento organizacional. O mesmo autor, entretanto, afirma que o

objetivo de uma empresa deve ser a criação de um sistema no qual os gerentes irão fazer investimentos que maximizem o valor a longo prazo de suas companhias.

O ambiente econômico no qual a maioria das companhias está operando atualmente é muito mais volátil e imprevisível do que vinte 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 tomam parte 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 o uso estático das mesmas. A crítica está no fato de que estas técnicas são baseadas somente no retorno financeiro. As técnicas usam somente fatores tangíveis e não levam em consideração os fatores intangíveis, tais como: futura vantagem competitiva, futuras oportunidades, flexibilidade gerencial.

Acadêmicos e práticos de corporações têm, devido aos problemas das técnicas de orçamento de capital tradicionais, procurado por novos métodos para avaliação destes projetos. Uma nova técnica de orçamento de capital é a incorporação das *Opções Reais*. A abordagem das opções reais tem o potencial de avaliar o valor do projeto proveniente de uma administração ativa e das interações estratégicas (Trigeorgis, 1996).

Esta técnica vê o projeto com 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 se obter um direito, mas não uma obrigação, de usá-lo. Isto é equivalente a uma opção financeira de compra onde a empresa paga um pequeno *prêmio* por um direito de adquirir um ativo específico a um conhecido *preço de exercício* em um tempo determinado do futuro.

Na última década cresceu muito o interesse pelas *Opções Reais*, não só por parte de acadêmicos, mas também entre corporações tais como Shell, Eastman Kodak e Merck. Nestas companhias a abordagem das opções tem sido vista como uma abordagem flexível quando são avaliados projetos incertos, tais como os investimentos em pesquisa (Nichols, 1994).

Recentemente, muitos 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 administradores a operarem sob a premissa de que as decisões de investimento podem ser reversíveis se as condições mudarem ou não reversíveis à medida que for um investimento do tipo *agora-ou-nunca* (Dixit e Pindyck, 1995). Mas, tão logo tenha surgido o pensamento de oportunidades de investimento como opções, esta premissa mudou. Irreversibilidade, incerteza e a possibilidade de se postergar o investimento (*timing*), entretanto, alteram a decisão de investimento de maneira crítica.

Neste contexto, a Teoria das Opções Reais (TOR) vem ganhando a atenção de pesquisadores e gerentes em todo o mundo, tendo havido um 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, 1998). No Brasil, entretanto, não são muitos os artigos publicados que abordam a teoria, principalmente, de forma prática, embora esta esteja sendo foco de trabalhos em nível de mestrado e doutorado.

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), desta 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 tais como: “como usar a precificação de opções em um projeto e como usá-la com números reais ao invés de *exemplos estéreis*?”. O autor continua dizendo que, infelizmente, aplicações são escassas e que o assunto é abordado por especialistas, especialmente por Ph.D's. Como resultado, continua Luehrman (1998b), análises corporativas que gerem números reais têm sido raras, custosas e de difícil compreensão.

Desta forma, procurar-se-á, neste trabalho, demonstrar que a utilização dos modelos tradicionais de análise de investimento pode estar levando as empresas a uma sub-avaliação de seus investimentos. O trabalho fornecerá uma evidência empírica através da aplicação da TOR a um caso real, ajudando, desta forma, a diminuir o *gap* entre a teoria e a prática da Teoria das Opções Reais.

2. Opções Reais

No atual mercado, caracterizado pela 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 melhor 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. Desta forma, tem-se:

$$\text{VPL expandido} = \text{VPL estático (passivo)} + \text{Valor da Opção de uma Administração Ativa} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

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. Este 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 destas opções ocorrem naturalmente (exemplo: por contratos, paradas ou abandono), enquanto outras podem ser planejadas ou construídas a um custo extra (exemplo: expandir novas capacidades ou construir opções de crescimento, escolha entre alternativos *inputs* e *outputs*).

A Teoria das Opções Reais (TOR) 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, 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 esta 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 frequentemente se deparam são: qual o momento certo de investir, de abandonar ou parar temporariamente um projeto, de modificar as características operacionais do projeto ou ainda trocar um ativo por outro? Desta forma, um projeto de investimento de capital pode ser considerado como um conjunto de opções reais sobre um ativo real, o projeto.

2.1 O Processo de P&D

Investimentos em P&D não são feitos na expectativa de resultados imediatos, mas sim, têm a esperança de criar oportunidades de investimentos futuros que serão rentáveis. Desta forma, os projetos de P&D deveriam ser vistos como séries de decisões sequenciais envolvendo a fase de P&D e a fase de comercialização com diferentes riscos e incertezas (Morris, Teisberg e Kolbe, 1991), riscos e incertezas que venham a ser diminuídos na medida em que o projeto prossegue (ver figura 2.1).

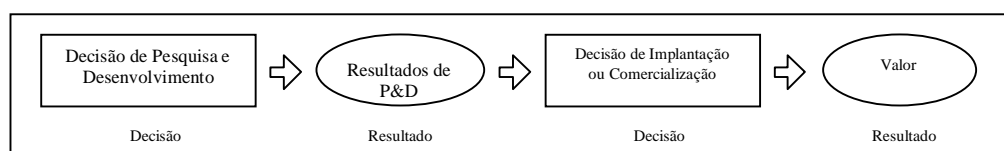


Fig. 2.1 – Projeto de P&D visto como uma seqüência de decisões e resultados (Fonte: Morris, Teisberg e Kolbe, 1991).

A partir da perspectiva das opções, a seqüência da avaliação tem uma estrutura muito específica (Amran 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. Isto é conhecido como uma estrutura de “opção composta”. Quando visto como parte de uma seqüência de opções, cada estágio pode ser visto como uma opção de compra no valor da continuação com a exploração, um valor que inclui o valor de todas as opções futuras. Existe uma solução quantitativa para avaliar opções compostas que administradores podem usar para responder duas questões:

- Valor: depois de se considerar o exercício ótimo de todas as opções, o valor desta propriedade é maior do que o montante necessário para adquiri-las?
- Exercício ótimo: dado o que conhecemos agora, a melhor estratégia é continuar, abandonar ou adiar?

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 no projeto. Existe, entretanto, um número de 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 o escopo do projeto pode ser alterado (Trigeorgis, 1993).

2.2 O Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Como Uma Opção

A avaliação de um projeto de P&D através da teoria das opções reais o encara como uma opção que pode ser exercida ou não, no futuro, dependendo das 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 pesquisa e desenvolvimento, por exemplo, este é visto como uma opção, para a qual foi pago um certo prêmio (o investimento em pesquisa) numa fase inicial. Caso o projeto pareça promissor ao

final desta fase (data de vencimento), ele será exercido pagando-se o valor do investimento em produção e comercialização.

Baseado nesta 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 assume-se que a decisão de comercialização é provável que ocorra numa data T_1 , o tomador da decisão poderia considerar a opção de adiar a decisão de comercialização (ver figura 2.2). 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 à opções de compra. Esta 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 este 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.

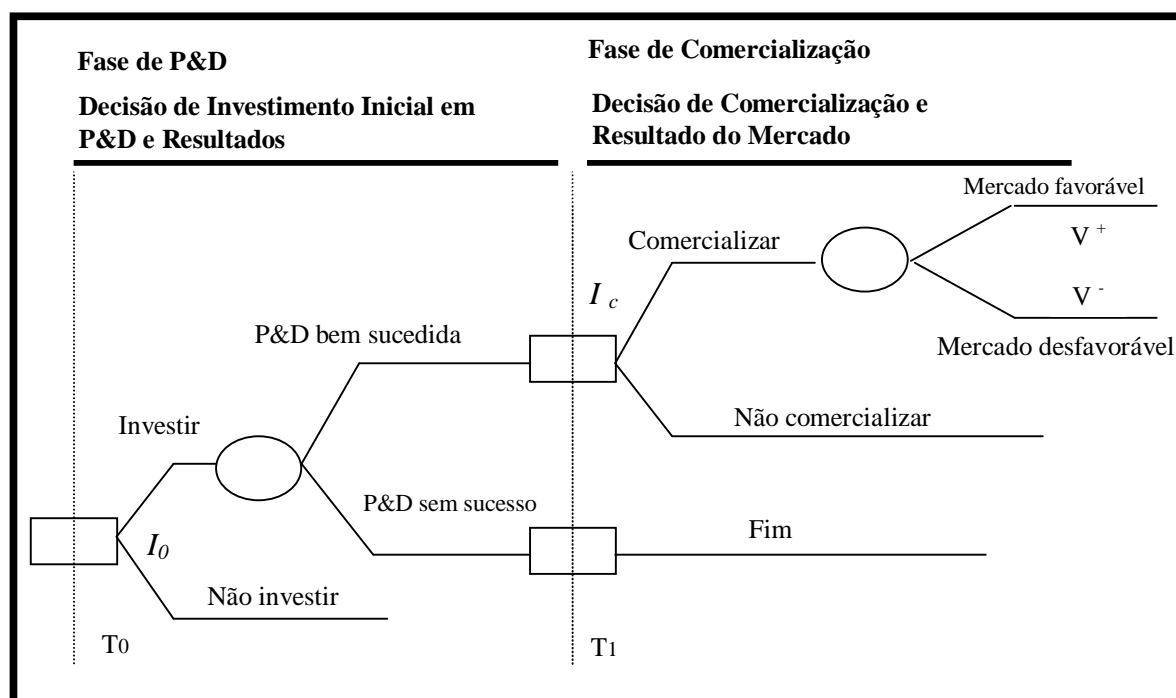


Fig. 2.2 – Árvore de decisão típica para processos de investimentos seqüenciais em P&D
(Fonte: Herath e Park, 1999)

3. Avaliação de Um Projeto Real de P&D

3.1 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 à redes privadas corporativas. Embora o produto já tenha sido comercializado e esteja sendo usado na prática, não serão apresentados maiores detalhes sobre o produto, uma vez que este é confidencial. Todos os detalhes do que é apresentado a seguir podem ser obtidos em Santos (2001).

3.2 Dados Obtidos Através da Análise Tradicional

Neste item são apresentados os valores obtidos a partir da análise tradicional. É importante salientar que os valores foram obtidos através de uma equipe da empresa desenvolvedora do produto. Ressalta-se que os valores foram alterados para se garantir a confidencialidade do projeto. Todavia, o importante é o procedimento a ser adotado. O projeto teve início em 1997.

Os dados mais importantes são listados nas tabelas abaixo.

CUSTOS	
Investimentos em Pesquisa (Custo Afundado)	
Inv. Início (1997)	690.944
Inv. Início (1998)	690.944
VP Invest. (1997)	1.286.585
VP Invest. (1999)	1.731.229

Tabela 3.1 – Custo Afundado e Investimentos para Produção do projeto *XPTO*

ANÁLISE TRADICIONAL	
Para a Receita Total	
VP FC Otimista Início (99)	15.478.115
VP FC Provável Início (99)	11.055.704
VP FC Pessimista Início (99)	6.779.708
VP FC Distribuição Beta Início (99)	11.080.107
VP FC Distribuição Beta Início (97)	8.234.324
Para o Investimento em Produção e Comercialização	
VP Inv. Otimista Início (99)	7.466.713
VP Inv. Provável Início (99)	5.740.554
VP Inv. Pessimista Início (99)	4.065.699
VP Inv. Distribuição Beta Início (99)	5.749.104
VP Inv. Distribuição Beta Início (97)	4.272.521
Receita Líquida Total	
VPL Inv. Otimista Início (99)	8.011.402
VPL Inv. Provável Início (99)	5.315.151
VPL Inv. Pessimista Início (99)	2.714.010
VPL Inv. Distribuição Beta Início (99)	5.331.002
VPL Inv. Distribuição Beta Início (97)	3.961.803

Tabela 3.2 – Resultados da Análise Tradicional do Projeto de P&D do *XPTO*

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

Data 0: Início de 1997 (quando deu-se 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 = investir na 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 abaixo demonstra apenas os resultados obtidos através da utilização da Distribuição Beta.

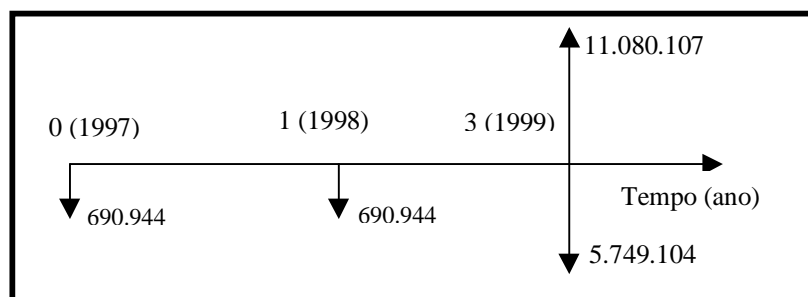


Figura 3.1 – Fluxo de Caixa do XPTO obtido pela análise tradicional e distribuição beta.

Os valores desembolsados com a pesquisa ocorreram de forma contínua (mensalmente), entretanto, para facilitar os cálculos, considerou-se que estes 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 anterior. Estes números incluem todos os gastos e recebimentos previstos para os nove anos previstos para a vida útil do projeto.

Para o ano de 2000, tem-se, por exemplo, a seguinte previsão para o fluxo de caixa determinístico para o cenário com o volume mais provável de vendas.

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

Tabela 3.3 - Fluxo de caixa determinístico para o cenário com o volume mais provável de vendas.

3.3 Aplicando a Teoria das Opções Reais

A avaliação que se segue se valerá 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).

3.3.1 Aplicando o Modelo de Kallberg e Laurin

No trabalho dos autores foram consideradas duas opções, a escalonamento (*time-to-build*) e a opção de crescimento (*growth option*). A primeira opção foi calculada através do método binomial, proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979) e a segunda, pelo método de Black e Scholes (1973). No presente trabalho, entretanto, consideraremos 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 *time-to-build* (opção de abandono durante a construção). Desta forma, teríamos a seguinte estrutura no processo de cálculo do valor do projeto XPTO:

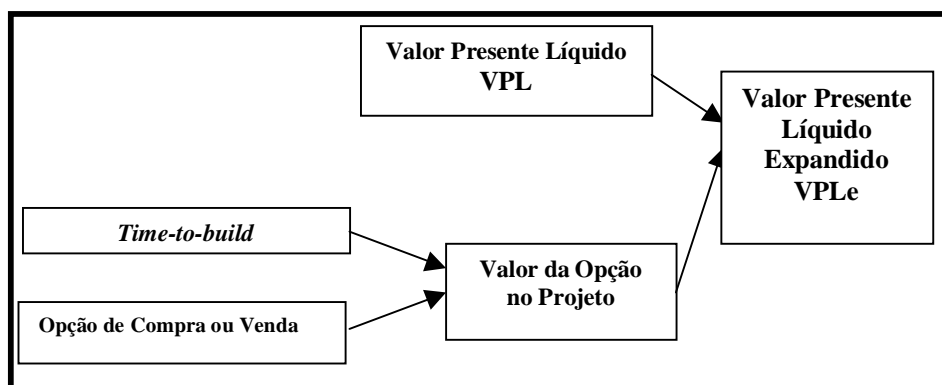


Figura 3.2 – Estrutura Básica do Modelo (adaptado de Kallberg e Laurin, 1997)

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

1. Comercialização própria por parte da empresa desenvolvedora;
2. Venda dos direitos de comercialização para terceiros.

Passemos, então, a estes cálculos.

3.3.2 O Valor Presente Líquido Tradicional da Opção de Compra

Os valores a serem utilizados para os cálculos no caso da opção de comercialização própria por parte da empresa desenvolvedora são apresentados na tabela 3.3. Os dados foram obtidos a partir da análise feita pela própria empresa X.

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

Tabela 3.3 – Dados do Projeto Real – Opção de compra

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:

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

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

3.3.3 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 3.4.

Análise de Projeto de P&D (Opção de venda - 2)		
Ano	Investimento (\$)	Fluxo de Caixa
0 (1997)	690.944 (I_{02})	0
1 (1998)	690.944 (I_{12})	0
2 (1999)		4.396.000

Tabela 3.4 – Dados do Projeto Real – Opção de Venda

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:

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

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

$$VPL_{\text{Trad}_2} = - 690.944 - 690.944*(1,16)^{-1} + 4.396.000 *(1,16)^{-2} = 1.980.359$$

$$VPL_{\text{Trad}_2} = \text{R\$ } 1.980.359$$

3.3.4 O Valor do Projeto Obtido pela Árvore de Decisão

O valor obtido através da árvore de decisão será:

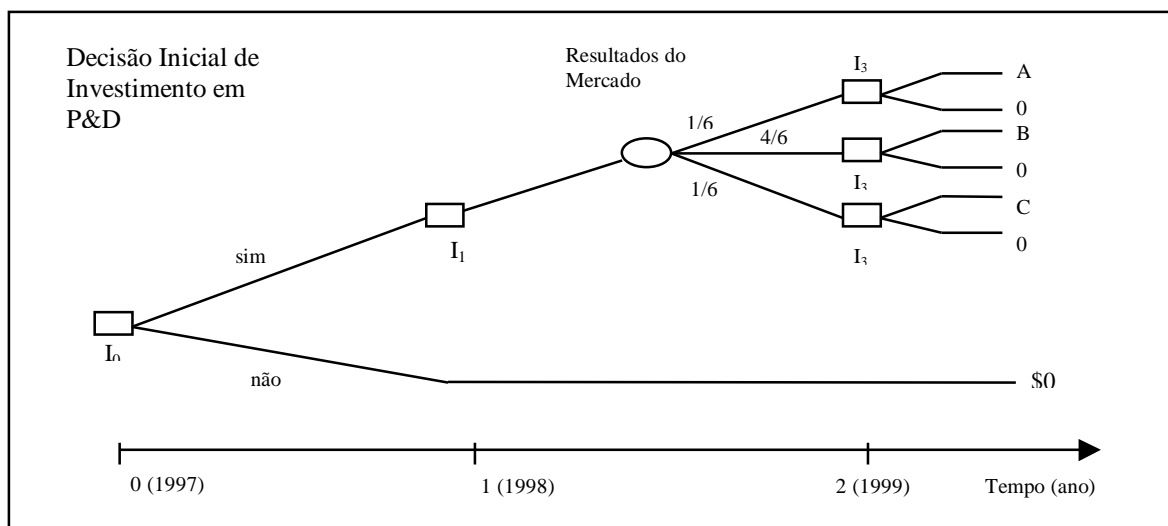


Figura 3.3 – Árvore de Decisão do Projeto de P&D

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

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

$$VE(2) = \text{R\$ } 5.331.002$$

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

$$VPL = - 690.944 - 690.944*(1,16)^{-1} + 5.331.002*(1,16)^{-2} = 2.675.217$$

$$\text{VPL(AAD)} = \text{R\$ } 2.675.218$$

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 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.

3.3.4 O Cálculo da *Time-to-Build*

O valor da *time-to-build* (valor acrescentado pelo fato de se ter 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 Kallberg e Laurin (1997). O valor a ser obtido revelará qual o valor da opção de se 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 se 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. Isto 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 são dadas na tabela 3.5.

Modelo binomial para precificação de opção de compra para um projeto (para um período)		
$F = \frac{pFu + (1 - p)Fd}{r}$ $F_u = \text{Max}(uV - I, 0)$ $F_d = \text{Max}(dV - I, 0)$	Notação	
	F	FCD estendido – incluindo a opção de flexibilidade em cada período
	F _u	Valor do projeto se o valor bruto aumenta em valor
	F _d	Valor do projeto se o valor bruto diminui em valor
	V	Valor bruto do projeto
	p	Probabilidade neutra ao risco
$p = \frac{r - d}{u - d}$	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.

Tabela 3.5 – Modelo de precificação de opção binomial para um período (Fonte: Kallberg e Laurin, 1997).

A distribuição do fluxo de caixa e suas probabilidades reais correspondentes podem ser replicadas em uma árvore binomial. Estas probabilidades não foram assumidas na análise original por parte da empresa X, desta forma, as probabilidades reais q e $1 - q$, em cada ramo, serão assumidas iguais a 0.5. Estas, 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 $q = 0,5$, entretanto, estes valores podem variar de acordo com as previsões gerenciais. Os valores A, B e C são mostrados na tabela 3.3.

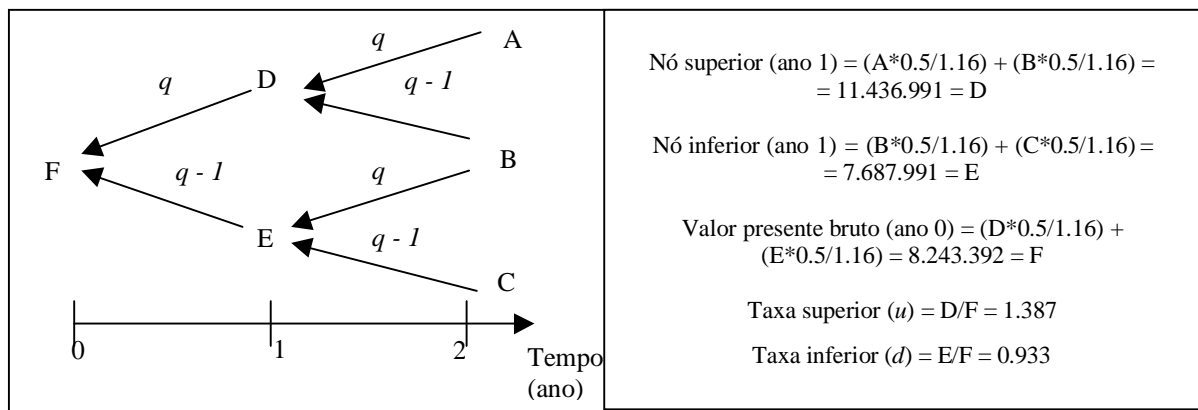


Figura 3.4 - Árvore Binomial do Projeto de P&D

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

$$p = (1.0617 - 0.933) / (1.387 - 0.933) = 0.283$$

Quando se incluem os investimentos na árvore binomial, estes devem ser seus equivalentes certos (ver tabela 3.6). Isto desde que todos os fluxos na árvore sejam descontados à taxa ajustada ao risco. É importante observar que o investimento de \$5.749.104 no ano 2 é igual a um investimento de um equivalente certo de \$4.816.015 quando são descontados usando suas taxas de desconto correspondentes, por 16% e 6.17% [$5.749.104*(1.16)^{-2} = \$4.272.521$ o que é igual ao equivalente certo $4.272.521*(1.0617)^2 = 4.816.015$, quando descontado à data zero].

Fluxo de caixa esperado	Equivalente certo do fluxo de caixa
\$690.944	\$ 578.803 (G)
\$5.749.104	\$ 4.816.015 (H)

Tabela 3.6 – Equivalente certo do fluxo de caixa do projeto de P&D

Por exemplo, o VPL estendido (VPL_e) para o nó superior, calculado voltando-se um período, do ano 2 para o ano 1, usando as fórmulas da tabela 3.5, fornece:

$$F_{1u} = \frac{0.283 * 10.662.100 + (1 - 0.283) * 6.239.689}{1.0617} = 7.055.883 = F_{1u}$$

$$F_{1d} = \frac{0.283 * 6.239.689 + (1 - 0.283) * 1.963.693}{1.0617} = 1.989.357 = F_{1d}$$

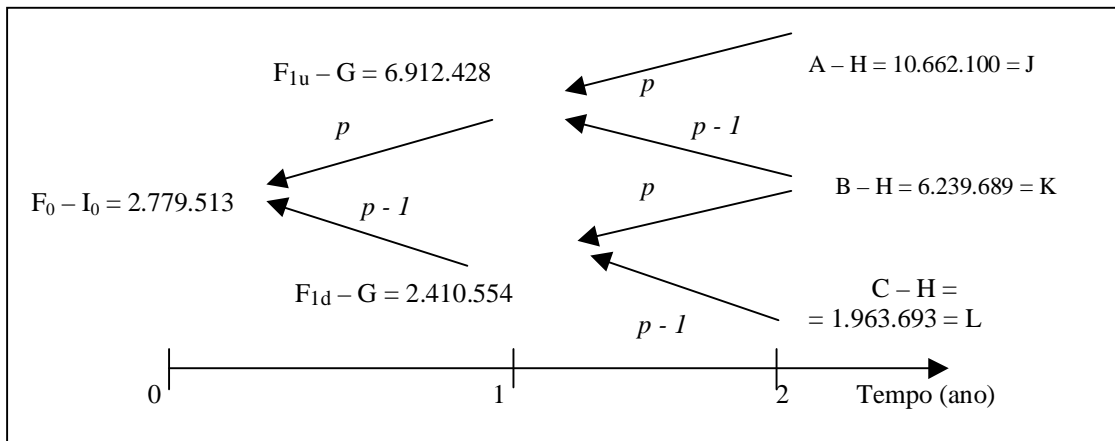


Figura 3.5 – Árvore Binomial do Projeto XPTO

É possível calcular o valor do projeto na data 0, usando a fórmula da tabela 3.5. Assim:

$$F_0 = \frac{0.283 * 6.912.428 + (1 - 0.283) * 2.410.554}{1.0617} = 3.470.457$$

Como visto na figura 6.4 o $VPL_{\text{expandido}}$ (que inclui a opção *time-to-build*) para o projeto de P&D na data zero é:

$$VPL_{\text{expandido}} = \$3.470.457 - \$690.944 = \$2.779.513$$

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

Comparando este valor com aquele obtido pelo tradicional VPL, que havia fornecido um valor de R\$ 2.675.218, revela-se 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):

$$= VPL_{\text{expandido}} - VP_{\text{trad}} = 2.779.513 - 2.675.218 = 104.295$$

$$\text{Valor da Opção } \textit{time-to-build} (1) = \text{R\$ } 104.295$$

Valor da Opção *time-to-build* (opção de venda):

$$= VPL_{\text{expandido}} - VP_{\text{trad}} = 2.779.513 - 1.980.359 = 799.154$$

$$\text{Valor da Opção } \textit{time-to-build} (2) = \text{R\$ } 799.154$$

Os métodos tradicionais de desconto de fluxos esperados falham ao captar o valor total do projeto. Tal fato ocorre porque assume-se que a decisão de fazer todos os três investimentos tenha que ser feita no início do projeto, o que claramente é uma falsa hipótese.

Passemos agora ao cálculo do valor das opções de compra e de venda embutidas no projeto.

3.3.5 Cálculo da Opção de Comercialização por Parte da Empresa X (Opção de Compra)

Opção de compra é o valor adicionado ao projeto pelo fato do 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. Esta opção pode ser encarada como a opção de *deferimento*. Como esta opção só pode ser exercida na data de vencimento, será considerada como uma opção europeia, utilizando a fórmula de Black e Scholes 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 crê-se haver uma obsolescência do produto com o passar do tempo, não vislumbrando-se nenhuma outra possibilidade de lançamento de uma versão mais avançada do produto. Valeremos do modelo de precificação de Black e Scholes (1973) para o cálculo do valor das opções. Este 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 são os seguintes:

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 em 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>)

Tabela 3.7- Analogia de P&D com opções financeiras – O caso estudado: opção de compra

Com os dados da tabela 3.7, pode-se então inseri-los na fórmula de Black e Scholes para opção de compra.

No caso estudado será utilizada a seguinte fórmula.

$$C = S_0 N(d_1) - E e^{-rt} N(d_2)$$

Onde:

S_0 = Preço do ativo na data zero (1997) = Fluxo de Caixa do Projeto em 1997 = 8.234.324.;

E = Preço de Exercício em 1999 = Investimento em Comercialização em 1999 = 5.749.104;

r = 6,17 % a.a. ;

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

t = 2 anos.

Desta forma, tem-se:

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

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

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

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

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

$$C = 8.234.324 * 0,4115 - 5.749.104 e^{-0,0617 * 2} 0,3228$$

$$C = R\$ 1.748.055$$

Este valor deve ser comparado com o prêmio (investimento em pesquisa) total descontado ao 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”. Desta forma, um projeto que me dê a opção de, nas condições assumidas, ter o direito, mas não a obrigação de continuar com o projeto, deve ter o valor “C” adicionado ao valor do projeto.

3.3.6 Venda dos Direitos de Comercialização Para Terceiros

Opção de venda é o valor adicionado ao projeto pelo fato do 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. Na opção de abandono o preço de exercício é igual à economia conseguida com a venda dos ativos ou de sua melhor utilização. Neste caso, entretanto, o preço de exercício será visto como o valor a ser obtido pela venda dos direitos de comercialização para terceiros. Como esta opção só pode ser exercida na data de vencimento, será considerada como uma opção europeia, sendo utilizado para o seu cálculo a fórmula de Black e Scholes para opção de venda.

Os valores a serem introduzidos na fórmula de precificação de opção de venda de Black e Scholes são os seguintes:

Opção Financeira	Opção de P&D (Venda)
Valor do Ativo Subjacente (S)	Valor Presente do Projeto no caso de 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 tirada de ativos idênticos - <i>twin security</i>)

Tabela 3.8 - Analogia de P&D com opções financeiras – O caso estudado: opção de venda

Com os dados do tabela 3.8, pode-se então inserí-los na fórmula de Black e Scholes para opção de compra :

$$P = E e^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

Onde:

S_0 = Preço do ativo na data zero (1997) - obtido pela exploração própria por parte da empresa desenvolvedora do projeto = 8.234.324;

E = Preço de Exercício em 1999 = Preço de venda do projeto = E(Valor de Mercado) = 4.396.000 (1999);

r = 6,17 % a.a. ;

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

$t = 2$ anos.

Desta forma, tem-se:

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

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

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

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

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

$$P = 4.396.000 e^{-0,0617 * 2} 0,0594 - 8.234.324 * 0,0239$$

$$P = \text{R\$ } 34.008$$

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

3.3.7 Valor Total do Projeto: Comercialização Própria Por Parte da Empresa X

No caso que estamos considerando, foram analisadas duas opções: a *time-to-build* e a opção de comercialização (compra), obtida pela fórmula de Black e Scholes. Os cálculos seguiram o que fôra proposto por Kallberg e Laurin (1997) pelo fato de haver uma 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. Desta forma, o valor obtido para o projeto será:

$$VPL_{(TOR)_1} = VPL_{Trad_1} + \textit{Time-to-build} + \text{Opção de Compra (C)}$$

Onde:

- $VPL_{(TOR)_1}$: Valor do projeto obtido pela TOR considerando-se a comercialização própria por parte da empresa desenvolvedora do produto;
- VPL_{Trad_1} : Valor Presente Líquido obtido pela forma tradicional para o caso de 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 tais, ser avaliada como uma opção de compra composta.
- Opção de Compra (C): É o valor adicionado ao projeto pelo fato do 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. Desta forma, tem-se:

$$VPL_{(TOR)_1} = VPL_{Trad_1} + \textit{Time-to-build} + \text{Opção de Compra (C)}$$

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

Logo:

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

Vejamos agora qual será o valor do projeto caso opte-se pela venda dos direitos de comercialização a terceiros.

3.3.8 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). Desta forma, o valor obtido para o projeto será:

$$VPL_{(TOR)_2} = VPL_{Trad_2} + Time-to-build + \text{Opção de Venda (P)}$$

Onde:

- $VPL_{(TOR)_2}$: 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 do 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:

$$VPL_{(TOR)_2} = VPL_{Trad_2} + Time-to-build + \text{Opção de Venda (P)}$$

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

Logo:

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

3.3.9 Considerações Finais Sobre os Valores Obtidos Pelo Modelo da Kallberg e Laurin

Como pode-se perceber, a inclusão das opções presentes no projeto aumentou em cerca de 70% o valor do projeto, se comparado à análise tradicional, considerando-se a possibilidade de comercialização do produto por parte da própria empresa. Já no caso da venda dos direitos de comercialização do produto, este aumento foi de 42%.

Tal análise vem a corroborar com 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 que ser tomadas no início do projeto, o que naturalmente é uma falsa hipótese.

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

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

>

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

Desta 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 comercialização própria por parte da empresa.

4. Cálculo do Valor do Projeto Utilizando o Modelo de Geske

Perlitz, Peske e Schrank (1999) aconselham que o modelo de Geske 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, esta opção composta pode ser avaliada analiticamente em termos de integrais da distribuição normal bivariada. Uma opção composta pode ser analisada analiticamente pela abordagem de avaliação de Geske (1979) e ajustada para avaliação de opções reais por Kemna (1993), como o seguinte:

(Eq. 4.1)

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

O significado de cada variável pode ser encontrado em Santos e Pamplona (2002). Desta forma, passemos ao cálculo da opção.

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

$$F = \text{R\$ } 11.080.107;$$

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

$$K = \text{R\$ } 5.749.104;$$

$$K^* = \text{R\$ } 690.944;$$

$$r = 6,17\% \text{ a. a.};$$

$$\tau = 2;$$

$$\tau^* = 1;$$

F_c = valor crítico do projeto acima do qual a primeira opção será exercida (Obs.: Será adotado $F_c = 8.500.000$, entretanto, segundo Kemna (1993), este valor pode ser obtido pelo procedimento de Newton-Raphson);

Cálculo de h e de k .

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

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

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

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

$M(k - \sigma\sqrt{\tau^*}, k - \sigma\sqrt{\tau}; \rho) = M(0,73, 0,61; 0,707) \cong 0,75$ Utilizando-se, então, a fórmula de precificação de opção composta de Kemna, resulta um valor da opção composta de:

$$G = \text{R\$ } 5.819.300$$

O valor do projeto consiste do 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

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

Assim:

VPL (Geske) = 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.

5. Considerações Finais

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

Método	Resultado (R\$)
Valor Presente Líquido – 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 K&L ($\text{VPL}_{(\text{TOR})_1}$)	4.527.568
Valor Presente Líquido pelo Método de K&L ($\text{VPL}_{(\text{TOR})_2}$)	2.813.521
Valor Presente Líquido pelo Método de Geske ($\text{VPL}_{(\text{Geske})}$)	5.128.356

Tabela 5.1 – Resultados Finais

A análise feita através 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 pôde-se 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 comercialização do produto por parte da própria empresa. Já no caso da venda dos direitos de comercialização do produto, este aumento foi de 42%. O valor obtido pelo modelo de Geske, feitas as ressalvas às aproximações, é cerca de 92% maior do que aquele obtido pelo modelo tradicional.

Tal análise vem a corroborar com 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 que ser tomadas no início do projeto, o que naturalmente é uma falsa hipótese

Ainda que a Teoria das Opções Reais esteja em fase de desenvolvimento e consolidação, as empresas devem procurar entendê-la e aplicá-la. Em um ambiente comercial instável e tão competitivo como o atual, as empresas devem se sofisticar na maneira como avaliam seus investimentos. Embora a TOR apresente certas limitações, ela deve ser encarada como uma opção promissora, capaz de auxiliar a administração a guiar o 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 modelo que melhor se adapte às peculiaridades de um dado projeto. Esta talvez seja uma barreira para a utilização da teoria, uma vez que não há um método padronizado para se aplicar 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 esta nova e poderosa 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 trabalhos empíricos adicionais devem ser buscados para garantir sua aplicabilidade prática. Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se que a volatilidade do projeto seja obtida através da abordagem da *twin security*. Poderia ser feita também uma análise de sensibilidade variando-se o valor de q no cálculo do item 3.3.4 e de σ nos cálculos do item 4. No cálculo da opção composta através do modelo de Geske, sugere-se a aplicação do procedimento de Newton-Raphson para o cálculo de F_c .

6. Agradecimento

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida, o que possibilitou a realização deste trabalho.

7. Referências Bibliográficas

AMRAM, M., KULATILAKA, N. Strategy and Shareholder Value Creation: The Real Options Frontier, Bank of America, *Journal of Applied Corporate Finance*, vol. 13, n. 2, pp. 8-21, summer, 2000.

BLACK, F., SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, v. 81, n. 3, May-June, p. 637-54, 1973.

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

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*, v. 73, n. 1, May/June, p. 105-15, 1995.

GESKE, R. The Valuation of Compound Option, *Journal of Financial Economics*, vol 7, n. 1, pp. 63-81, 1979.

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, January, p. 1-29, 1992.

- KALLBERG, G., LAURIN, P. Real Options in R&D Capital Budgeting- A case study at Pharmacia & Upjohn, *Master Thesis*, Departament of Economics, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Spring, 1997.
- KEMNA, A. G. Z. Case Studies on Real Options, *Financial Management*, autumn, p.259-70, 1993.
- KESTER, W. C. Today's Options for Tomorrow's Growth , *Harvard Business Review*, vol. 62, n. 2, March/April, 1984.
- KULATILAKA, N. The Value of Flexibility: The case study of a dual fuel industrial steam boiler, *Financial Management*, v. 22, n. 3, autumn, p 271-80, 1993.
- LUEHRMAN, T. A. Strategy as Portfolio of Real Options; *Harvard Business Review*; Sep/Oct., p. 89-99, 1998a.
- _____ Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers, *Harvard Business Review*, July-August, vol 76, n. 4, pp. 51-67, 1998b.
- McDONALD, R. L. SIEGEL, D. R. *The Value of Waiting to Invest*, Quarterly Journal of Economics, Nov., p. 707-27, 1986.
- MINARDI, A. M. A. F. Teoria de Opções Reais Aplicada a Projetos de Investimentos, *RAE - Revista de Administração de Empresas /EAESP/FGV*, São Paulo, v. 40, n. 2, Abr./Jun., p.74-79, 2000.
- MORRIS, P. A., TEISBERG, E. O., KOLBE, A. L. When Choosing R&D Projects, Go With Long Shots, *Research Technology Management*, Jan./Feb, p. 35-40, 1991.
- NICHOLS, N. A. Scientific Management at Merck: an interview with CFO Judy Lewent, *Harvard Business Review*, Jan/Feb, p. 88-99, 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*, Sep./Oct., p. 65-82, 1992.
- SANTOS, E. M. Um Estudo Sobre a Teoria das Opções Reais Aplicada à Análise de Investimentos em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Dissertação de Mestrado, EFEI, 138 p., Itajubá, Novembro de 2001.
- SANTOS, E. M., PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). 2o Encontro Brasileiro de Finanças, IBMEC, Rio de Janeiro, RJ , Julho de 2002.
- _____ Captando o Valor da Flexibilidade Gerencial Através da Teoria das Opções Reais, XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, Bahia, outubro de 2001.
- SEPPÄ, T. J. , LAAMANEN, T. Valuation of Venture Capital Investments: Empirical Evidence, *Paper presented at the 4rd Annual International Conference on Real Options*, 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, march, p. 1-21, 1993.
- _____ Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation, Cambridge, Mass: The MIT Press, 1996.