



Técnicas de Análise de Investimentos: do VAL às opções reais

Autor(es): Silva, Patrícia Pereira da

Publicado por: Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra

URL persistente: URI:<http://hdl.handle.net/10316.2/24780>

Accessed : 20-Sep-2019 08:43:38

A navegação consulta e descarregamento dos títulos inseridos nas Bibliotecas Digitais UC Digitalis, UC Pombalina e UC Impactum, pressupõem a aceitação plena e sem reservas dos Termos e Condições de Uso destas Bibliotecas Digitais, disponíveis em <https://digitalis.uc.pt/pt-pt/termos>.

Conforme exposto nos referidos Termos e Condições de Uso, o descarregamento de títulos de acesso restrito requer uma licença válida de autorização devendo o utilizador aceder ao(s) documento(s) a partir de um endereço de IP da instituição detentora da supramencionada licença.

Ao utilizador é apenas permitido o descarregamento para uso pessoal, pelo que o emprego do(s) título(s) descarregado(s) para outro fim, designadamente comercial, carece de autorização do respetivo autor ou editor da obra.

Na medida em que todas as obras da UC Digitalis se encontram protegidas pelo Código do Direito de Autor e Direitos Conexos e demais legislação aplicável, toda a cópia, parcial ou total, deste documento, nos casos em que é legalmente admitida, deverá conter ou fazer-se acompanhar por este aviso.



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE DIREITO

BOLETIM DE CIÊNCIAS ECONÓMICAS

VOLUME XLIII

2 0 0 0



COIMBRA

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

– do VAL às Opções Reais* –

CAPÍTULO 3

RISCO E INCERTEZA

Até agora, ao determinar o valor de um projecto de investimento considerámos *cash flows* previamente estimados. Todavia, temos omitido um facto importante da vida real: as expectativas podem não ser efectivamente realizadas. Existe risco associado à estimação dos *cash flows*, tal como existe risco em grande parte das actividades da vida real. Aos olhos de investidores e credores, a complexidade do risco de negócio de uma empresa pode variar em função dos investimentos seleccionados. A avaliação do impacto da incerteza na decisão de investir irá ser o objecto deste capítulo.

Já vimos que na vida de qualquer empresa as decisões de investimento se revestem de grande importância, implicando na realidade grandes dispêndios de fundos e, frequentemente, obrigando a recorrer a fundos externos. Estas decisões tornam igualmente necessário um empenho por grandes períodos de tempo, diminuindo, assim, a flexibilidade futura da empresa. Por outro lado, exigem boas previsões de vendas, por exemplo. Uma estimativa de vendas errada pode acarretar graves dificuldades à empresa, quer no caso de sobreprodução, quer no caso de subprodução ou de ruptura de *stocks*. Não se poderá avaliar com confiança um projecto de investimento sem ter em conta

* (continuação)

os riscos inerentes em que se possa incorrer. A análise da rentabilidade de um projecto deverá ser comple(men)tada com a análise do risco a que o investimento está sujeito.

Neste capítulo são brevemente expostos métodos clássicos de tratamento do risco, recorrendo aos trabalhos pioneiros de MARKOWITZ (1952)¹, HERTZ (1964) e SHARPE (1964). Em primeiro lugar, será analisado o cálculo das estimativas de *cash flows* em futuro incerto. Seguidamente, serão apresentados diferentes modelos de avaliar o risco. Finalmente, indicar-se-ão várias formas de considerar o risco, aquando do estudo dos projectos de investimento, recordando-se (entre outros) o modelo apresentado por HILLIER, em 1963. É importante realçar o papel da informática neste processo, ao possibilitar a utilização de métodos que implicam cálculos que manualmente seriam praticamente impossíveis de realizar, por requererem muito tempo, como sucede, por exemplo, com certas simulações.

3.1 Técnicas de análise do risco

3.1.1 Análise de sensibilidade

Uma técnica muito útil na consideração do risco, por vezes utilizada em conjunção com procedimentos simples, é a análise de sensibilidade.

Esta técnica envolve a revisão de estimativas incertas de *cash flows* e a investigação da sensibilidade da medida

¹ O trabalho de Markowitz foi apresentado na sua tese de doutoramento, altura em que o assunto era de tal maneira inovador que se tornava difícil para o júri enquadrá-lo numa área (não era economia, nem matemática, nem estatística). Ironicamente, esse trabalho, que foi aprovado com custo, viria a constituir o ponto de partida para a moderna Teoria Financeira e a valer o prémio Nobel da Economia em 1990.

do mérito do investimento a tais revisões de estimativas. Isto dá alguma indicação do efeito, caso alguma das estimativas originais estivesse demasiado optimista ou pessimista. Todavia, conforme destacam ANG e LEWELLEN (1982), a análise de sensibilidade é insuficiente quanto ao volume de informação que gera. Por exemplo, é difícil estabelecer com precisão conclusões acerca dos possíveis efeitos de combinações de erros nas estimativas. Se, por um lado, a análise de sensibilidade é uma técnica útil, por outro sofre de falta de exactidão.

3.1.2 Simulação de Monte Carlo

A técnica de simulação de Monte Carlo tem várias aplicações em diferentes ramos da ciência. Como ferramenta de simulação, calcula o valor esperado e a dispersão (desvio-padrão) de uma variável (por exemplo, *cash flow*) considerando a faixa de variação e a distribuição de probabilidade de um conjunto de parâmetros incertos.

A figura 3.1 esboça de modo simplificado o processo de análise do risco por recurso a técnica da simulação.

Por vezes, quando se domina uma ferramenta, existe uma tendência para extrapolar a sua utilidade. A técnica de Monte Carlo é apenas uma ferramenta de simulação de probabilidades e não uma ferramenta de optimização sob incerteza (KWAN e YEAN, 1988). Por isso, usá-la para determinar taxas de desconto, com o objectivo de tomar uma *decisão óptima* em ambiente de incerteza revela, no mínimo, uma compreensão inadequada dessa técnica e das suas possibilidades. Esta ferramenta não faz ainda qualquer distinção entre incerteza técnica e incerteza económica que, como foi visto, têm efeitos diversos na decisão de investimento.

A simulação de Monte Carlo pode ser utilizada como um método numérico alternativo para calcular o valor de

Adaptado de Hertz, *Risk Analysis in Capital Investments*, 1964.

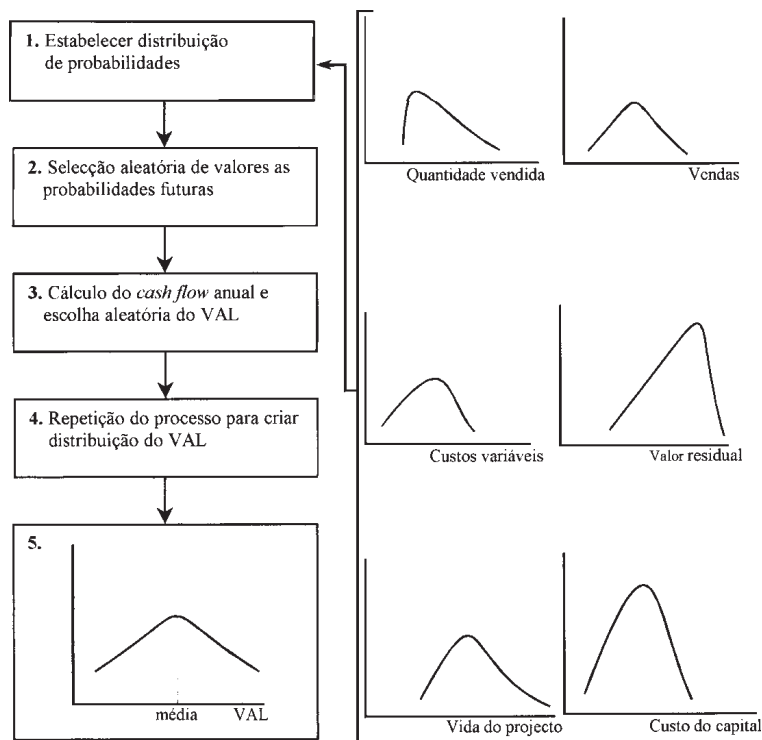


Figura 3.1 Processo de simulação

uma opção (no capítulo 4, abordar-se-á a Teoria das Opções Reais). O método foi introduzido por BOYLE (1977), para opções europeias (*vide* secção 4.3). A técnica simula uma série de trajectórias (neutras ao risco) do preço da acção, que determinam um conjunto de valores terminais (isto é, na expiração) da acção, os quais permitem calcular os respectivos resultados da opção (máximo entre zero e o *payoff* de exercício). A estimativa do valor da opção é a média descontada desses resultados simulados.

Segundo BOYLE, esse método é útil no caso de opções sobre acções cujos retornos são gerados por uma combinação de dois processos estocásticos, um contínuo e outro discreto (por exemplo, no caso de acções que pagam divi-

dendos não contínuos). Esta mistura de processos leva, por vezes, a um sistema misto de equações de derivadas parciais e de equações de diferenças, que pode ser de difícil solução.

A técnica de simulação de Monte Carlo pode ser útil também como ferramenta auxiliar na moderna técnica de decisões de investimentos.

3.1.3 Árvores de Decisão

O método das árvores de decisão representa uma tentativa de considerar alternativas existentes ao longo do tempo num processo de decisão. De acordo com o artigo clássico de MAGEE (1964), “... é um meio de mostrar a anatomia de uma decisão de investimento e de ilustrar a interação entre a decisão presente, acontecimentos possíveis, ações de concorrentes, possíveis decisões futuras e suas consequências”. No entanto, essas árvores podem-se tornar bastante complexas, quando é pretendida a representação de todos os pontos (*nós*) de decisão relevantes, assim como os acontecimentos possíveis em cada instante. Quanto mais complexo for o processo decisório, mais complexa será a árvore. Não obstante, tem a vantagem de explicitar as opções de gestão disponíveis, o que ajuda a entender o processo decisório, desenvolvendo a intuição negocial.

O facto de a taxa apropriada de desconto não ser constante na presença de opções representa uma dificuldade adicional para o uso das árvores de decisão na forma tradicional, já que deveria ter diferentes taxas para descontar diferentes ramos da árvore². Conforme comenta KEMNA

² BREALEY e MYERS (1988) afirmam que a teoria das opções é absolutamente essencial para fazer o desconto dentro de árvores de decisão.

(1993), embora em muitos problemas práticos seja conveniente o uso de árvores de decisão para explicitar o valor das opções, a sua experiência prática mostra que é necessário explicar aos gestores as premissas subjacentes às taxas de desconto utilizadas nos ramos dessas árvores, já que o risco da opção muda com o tempo e com o valor do projecto implantado.

3.1.4 Modelo de Hillier

Para além do modelo de equilíbrio dos activos financeiros, ao qual voltaremos na secção seguinte, existem outros métodos para avaliar o risco de um determinado projecto de investimento.

O modelo que vamos expor, proposto por F. HILLIER (1963), origina o mesmo tipo de informação que a técnica de simulação em computador, mas de uma forma analítica. Das suas vantagens, colocamos ênfase no facto de fornecer dados sobre as variáveis determinantes do risco do projecto e na facilidade da sua utilização, em contraponto à ferramenta da simulação.

Passaremos de imediato a apresentar o modelo de Hillier, seguindo de perto LISBOA (1997).

Suponhamos que estamos a considerar um projecto de expansão de uma determinada linha de produção. Se a expansão ocorrer, é esperada a série de *cash flows* CF_0, CF_1, \dots, CF_n , correspondentes aos períodos 0, 1, ..., n . Estes *cash flows* não são conhecidos com certeza, são variáveis aleatórias – variam com a conjuntura económica.

Se tivermos uma estimativa da distribuição de densidade dos *cash flows*, CF_{jt} , em cada ano t , e a respectiva probabilidade P_{jt} , isto é a probabilidade associada à realização do *cash flow* j no ano t , as fórmulas

$$\widehat{CF}_j = \sum_{t=1}^n CF_{jt} \cdot P_{jt}$$

e

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{t=1}^n (CF_{jt} - \widehat{CF}_{jt})^2 \cdot P_{jt}}$$

permitem calcular o valor esperado do *cash flow* em cada período e o respectivo desvio padrão.

Podemos então utilizar a primeira destas duas expressões para calcular o *VAL* esperado do projecto,

$$\widehat{VAL} = \sum_{j=0}^n \frac{CF_j}{(1+k)^j}, \quad (3.1.1)$$

onde k é a taxa que representa o custo do capital.

Se for $\widehat{VAL} > 0$, o investimento deverá ser implantado. No caso de investimentos mutuamente exclusivos, aquele a que corresponder o maior valor de \widehat{VAL} será naturalmente o preferido.

Suponhamos em primeiro lugar que os CF_j , $j = 0, 1, \dots, n$, são mutuamente independentes. Em tal hipótese, é sabido que o *VAL* segue uma distribuição normal, em que a média é dada pela expressão (3.1.1), e podemos avaliar o risco usando a expressão da variância:

$$\sigma_{VAL}^2 = \sum_{j=0}^n \frac{\sigma_j^2}{(1+k)^{2j}}. \quad (3.1.2)$$

Passemos a uma segunda situação, alargando o conjunto de pressupostos enunciados por assumpção de que os valores esperados dos *cash flows* são perfeitamente correlacionados, isto é, admitindo que se o valor que CF_m toma é $\widehat{CF}_m + C\sigma_m$, então o valor de CF_j deve ser $\widehat{CF}_j + C\sigma_j$, para $j = 0, 1, \dots, m, \dots, n$. Por conseguinte, esta hipótese mostra, na realidade, que se circunstâncias provocarem que o *cash flow* se desvie, num período, das expectativas, essas mesmas

circunstâncias também afectarão de igual modo os *cash flows* nos restantes períodos. Nestas condições, é claro que o *VAL* segue uma distribuição normal com uma média dada pela fórmula (3.1.1) e um desvio padrão dado por

$$\sigma_{VAL} = \sum_{j=0}^n \frac{\sigma_j}{(1+k)^j}. \quad (3.1.3)$$

Ainda mais realista será um modelo que combine os dois precedentes. Um tal modelo reconhece o facto de que, frequentemente, alguns dos *cash flows* estão correlacionados, enquanto os outros são razoavelmente independentes. Por conseguinte, é feita a hipótese de que $Y_j, Z_j^{(1)}, Z_j^{(2)}, \dots, Z_j^{(m)}$ são variáveis aleatórias normalmente distribuídas tais que

$$CF_j = Y_j + Z_j^{(1)} + Z_j^{(2)} + Z_j^{(m)}, \quad (3.1.4)$$

onde as novas variáveis aleatórias são mutuamente independentes, com excepção de $Z_0^{(k)}, Z_1^{(k)}, \dots, Z_n^{(k)}$ que são perfeitamente correlacionadas para $k = 1, \dots, m$. Por outras palavras, o *cash flow* líquido de cada período consiste num *cash flow* independente adicionado de m *cash flows* distintos perfeitamente correlacionados com os *cash flows* correspondentes nos outros períodos.

Deste modo, segue-se que o *VAL* tem uma distribuição normal, com média dada por (3.1.1) que, no caso vertente, reveste a forma

$$\widehat{VAL} = \sum_{j=0}^n \frac{\hat{Y}_j + \sum_{k=1}^m \hat{Z}_j^{(k)}}{(1+k)^j} \quad (3.1.5)$$

e variância

$$\sigma_{VAL}^2 = \sum_{j=0}^n \left[\frac{\sigma^2(Y_j)}{(1+k)^{2j}} \right] + \sum_{k=1}^m \left(\sum_{j=0}^n \left[\frac{\sqrt{\sigma^2(\hat{Z}_j^{(k)})}}{(1+k)^j} \right] \right)^2. \quad (3.1.6)$$

Como imediatamente se constata, as duas primeiras situações apresentadas constituem meros casos particulares deste novo modelo. A primeira, de independência, é obtida fazendo $m = 0$. A segunda, de correlação perfeita, é alcançada fazendo $m = 1$ e $Y_j = 0$. A diferença essencial entre os casos particulares está reflectida na equação (3.1.6).

Em particular, fixados valores para σ_j , o menor valor de σ_{VAL} corresponde ao caso de independência total, enquanto o maior valor corresponde ao caso de correlação perfeita.

Um modelo ainda mais preciso, de um ponto de vista teórico, seria aquele que admitisse a possibilidade de existência entre as variáveis aleatórias de uma relação intermédia entre a independência mútua e a correlação perfeita. Idealmente, teríamos a matriz de covariância para CF_0, CF_1, \dots, CF_n de modo que \widehat{VAL} seria dado pela equação (3.1.1) e σ_{VAL}^2 seria a soma pesada dos elementos da matriz de covariância $[\sigma_{ji}]$, com cada σ_{ji} ponderado por $(1 + k)^{-(j+l)}$.

Todavia, Hillier não desenvolveu mais este modelo por considerar não ser realista esperar que os analistas de investimentos pudessem elaborar previsões fiáveis para as covariâncias.

3.2 Risco e rendibilidade

3.2.1 Modelo de mercado

Um modelo é uma abstracção da realidade que procura captar os seus aspectos fundamentais. Para o elaborar, é necessário ignorar aspectos da vida real que dificultam a percepção desses factores fundamentais. Essa abstracção é feita criando pressupostos que permitem simplificar a

realidade e operar num mundo idealizado, representado por modelos relativamente simples.

Foi neste âmbito que MARKOWITZ, em 1952, desenvolveu um modelo de mercado que foi sendo progressivamente superado com surgimento de novos modelos, como os propostos por SHARPE (1964), LINTNER (1965) ou ROSS (1976).

O *modelo de mercado* (também conhecido por *recta característica*) pressupõe que a rendibilidade individual, r_{jt} , do título j está relacionada de forma linear com os outros títulos através da rendibilidade do mercado, r_{mt} .

O modelo exprime-se através da equação

$$r_{jt} = \alpha_j + \beta_j r_{mt} + e_{jt},$$

onde α_j e β_j são parâmetros específicos do título j e e_{jt} é o termo residual.

O *beta* é o declive da recta e determina-se através da expressão

$$\begin{aligned} \beta_j &= \frac{\text{cov}_{jm}}{\sigma_m^2} \\ &= \rho_{jm} \cdot \frac{\sigma_j}{\sigma_m}, \end{aligned}$$

onde cov_{jm} representa a covariância entre a rendibilidade do título j e a rendibilidade do mercado, σ_m^2 a variância da rendibilidade de mercado e ρ_{jm} O coeficiente de correlação entre o título j e o mercado.

Este modelo decompõe o risco total de um valor mobiliário de rendimento variável em dois:

- o risco de mercado, sistemático ou não diversificável e
- o risco específico, diversificável ou não sistemático.

O risco total, expresso pela equação

$$\sigma_j^2 = \beta_j^2 \sigma_m^2 + \sigma_{ej}^2,$$

pode ser ilustrado pela figura 3.2.

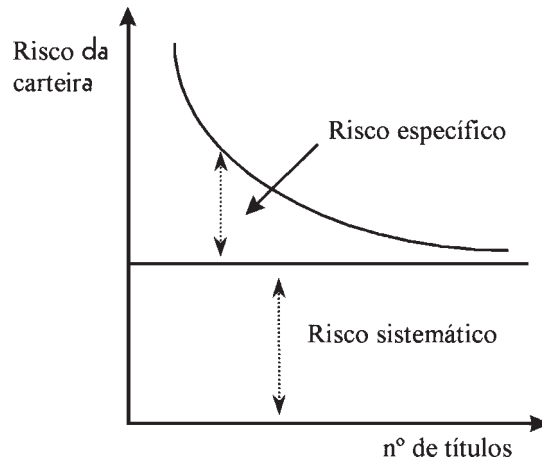


Figura 3.2 Risco específico e risco sistemático

O modelo de mercado tem o mérito de permitir fixar um objectivo de risco para uma carteira de títulos, medir o desempenho dos gestores de carteiras e complementar outros modelos de avaliação.

3.2.2 Extensão do modelo de activos financeiros

Voltemos, como anunciámos no capítulo 2, a debruçarmo-nos sobre o modelo de equilíbrio dos activos financeiros (CAPM), tendo em vista a sua melhor compreensão e extensão, num sentido que adiante se precisará.

Principiemos então por listar os pressupostos que servirão de base à construção do CAPM:

- os investidores tomam decisões com base no risco e no retorno dos activos financeiros, que são medidos pela variância e média das taxas de rentabilidade esperadas;
- os investidores têm expectativas homogéneas sobre o risco e o retorno, bem como sobre as variáveis

necessárias à decisão de investimento: retorno esperado, variância do retorno e matriz de covariâncias entre vários activos;

- os investidores têm horizontes temporais de investimento idênticos;
- a informação está igualmente disponível para todos os investidores sem custos significativos;
- existe um activo sem risco e os investidores podem realizar ou tomar empréstimos em montantes ilimitados à taxa de activos sem risco;
- não há custos de transacção;
- não há impostos;
- não há restrições às vendas a descoberto;
- todos os activos são transaccionáveis;
- todos os activos são divisíveis;
- o mercado de capitais é de concorrência perfeita.

Na perspectiva tradicional da actualização de *cash flows* é necessário que se conheça a taxa de desconto ajustada ao risco, k_e . A principal teoria existente para calcular essa taxa é fornecida pelo CAPM. Segundo ela, de acordo com a fórmula

$$k_e = k_{RF} + \beta (r_m - k_{RF}),$$

tal taxa pode ser encarada como soma de duas parcelas, a saber: o prémio pelo valor do dinheiro no tempo (a taxa livre de risco, k_{RF} ³) e um prémio de risco proporcional ao valor esperado do *spread* de mercado, $r_m - k_{RF}$, onde o factor de proporcionalidade β é o quociente entre a

³ Pode-se pensar como o retorno de um título garantido pelo governo (como os *bonds* de 30 anos norte-americanos), com um retorno previamente conhecido. Em rigor, mesmo esses títulos têm risco, devido às incertezas com a inflação futura, que tornam incerto o ganho *real*.

covariância $cov [r_V, r_m] = cov_{V,m}$ do retorno do activo de risco (isto é, o retorno do valor do projecto V) com o retorno do mercado, m , e a variância do retorno do mercado, isto é, $\beta = cov_{V,m} / \sigma_m^2$

Uma outra forma de apresentar a fórmula anterior utiliza o preço de mercado do risco⁴, ϕ , o desvio-padrão total do projecto, σ_V (simplesmente σ , para não sobrecarregar a escrita) e o coeficiente de correlação, $\rho_{V,m}$, entre o retorno do projecto (ou da variável estocástica do projecto, se ela for perfeitamente correlacionada com o projecto) e o retorno do mercado, DIXIT e PINDYCK (1994),

$$k_e = k_{RF} + \phi \sigma \rho_{V,m}.$$

Em ambas as equações, equivalentes, subsistem problemas práticos importantes para calcular o *beta* do projecto (ou o coeficiente de correlação) em relação ao mercado.

Como refere HAMADA (1969), o principal obstáculo da utilização do CAPM em decisões de orçamento de capital é a determinação do *beta* do activo, a qual nalguns casos é extremamente difícil, se não impossível, de ser feita. Este, no entanto, não é o único problema do CAPM.

Num artigo clássico de aplicação do CAPM a projectos, MYERS e TURNBULL (1977) apontam como “má notícia” o facto de que “o ‘beta’ correcto depende da vida do projecto, da tendência de crescimento do ‘cash flow’ esperado, e outras variáveis”, além de que “as oportunidades de crescimento

⁴ É um parâmetro agregado de mercado, igual à razão entre o *spread* e a volatilidade do mercado [$\phi = (r_m - k_{RF}) / \sigma_m$]. Alguns autores, como BREALEY e MYERS e COPELAND, fazem o quociente pela *variância* da taxa de retorno do mercado e não pelo desvio-padrão, como é feito aqui e noutros textos (DIXIT e PINDYCK, 1994, McDONALD e SIEGEL, 1985). A convenção adoptada torna ϕ adimensional, razão por que foi preferida.

afectam o risco sistemático observado". Isto põe em evidência as limitações do CAPM na aplicação a um grande número de projectos.

Na presença de flexibilidade de gestão (opções), como por exemplo a liberdade de *timing* do investimento, a taxa de desconto correcta não é constante: varia com o valor do projecto implantado e com o tempo de exercício da opção de investimento⁵, porque o risco varia. Como concluem DIXIT e PINDYCK (1994): "... a taxa de desconto correcta não pode ser obtida sem resolver o problema de avaliação da opção, a taxa de desconto não precisa ser constante ao longo do tempo, e não precisa ser igual ao custo médio de capital da empresa". MYERS e TURNBULL (1977) argumentam que o *beta* de uma opção é em geral diferente do *beta* da acção (geralmente o *beta* da opção é maior), o que se aplica para activos reais, tais como projectos.

Além de variar com o tempo, como o frisa FAMA (1977), a taxa de desconto para um dado período pode variar consoante os diferentes *cash flows*. Assim, a taxa de desconto para a receita não precisa ser, e geralmente não é, igual à taxa de desconto do custo operacional ou do investimento. Isto porque os diferentes *cash flows* têm riscos diferentes.

Como refere MERTON⁶ (1973), o CAPM pode ser considerado como a *versão de equilíbrio* do modelo *uniperiódico* da teoria de média-variância de MARKOWITZ e TOBIN, de 1958 (muito usada em análise de carteira de activos financeiros). Argumenta aquele autor que, apesar da elegância e simplicidade do CAPM, este modelo teve

⁵ Ver BREALEY e MYERS (1988). Estes mostram que a taxa de desconto varia com o tempo, ainda que o preço da acção (projecto implantado) permaneça constante.

⁶ Prémio Nobel da Economia em 1997.

aceitação limitada pela comunidade científica económica, devido a problemas técnicos de coerência respeitantes ao critério de média-variância (supor os activos tendo uma *distribuição normal* de preços ou assumir que os investidores dispõem de função utilidade quadrática). A distribuição normal de preços atribui probabilidades positivas para preços negativos, violando o princípio da *responsabilidade limitada* para os detentores de activos financeiros. A utilidade quadrática “*é grosseiramente inconsistente com o comportamento observado*”, constata Merton.

Para que o modelo do CAPM possa ser aplicado em mais do que um período, surgiu o chamado *CAPM intertemporal* (ICAPM), a partir do clássico artigo de Merton. O modelo intertemporal, ao contrário do uniperiódico, pressupõe certas hipóteses de natureza matemática mais ou menos complexas, que se traduzem em exigir ao investidor, além de um comportamento maximizador da riqueza, que seja avesso ao risco. Assim, o ICAPM é menos restritivo que o CAPM tradicional (uniperiódico), mas em geral mais limitativo do que a teoria das opções, que não exige função utilidade côncava, mas apenas que ela seja crescente, o que traduz um comportamento maximizador de riqueza (preferir mais a menos).

No ICAPM os investidores podem rever continuamente a sua carteira de activos ao longo do tempo. No mesmo artigo, Merton afirma que já foi provado com vários exemplos, que o comportamento de um *portfolio* para um maximizador intertemporal é bem diferente do caso em que não há variações intertemporais a serem consideradas no conjunto de investimentos e, por esse motivo, que o modelo uniperiódico (CAPM tradicional) é afectado por variações nas oportunidades de investimento que

ocorram ao longo do tempo⁷. O autor mostra que, ao contrário do que diz o CAPM clássico, os retornos esperados de activos de risco podem ser diferentes da taxa livre de risco, ainda que eles tenham risco sistemático zero ($\beta = 0$).

Enquanto o CAPM uniperiódico é representado geometricamente por uma recta, o ICAPM é representado por um plano (MERTON, 1973), podendo no caso de certas restrições adicionais, a equação do plano degenerar na de uma recta.

Merton afirma que o seu modelo (ICAPM) é mais consistente com a evidência empírica, enquanto o modelo uniperiódico contradiz os resultados do “*cuidadoso trabalho empírico de BALÇA, JENSEN e SCHOLLES (1972)*”. Uma crítica famosa aos trabalhos empíricos que tentavam mostrar a validade do CAPM, é devida a ROLL (1977). Segundo este, os testes realizados não tiveram em conta qualquer hipótese sobre as preferências dos investidores, o que o leva a concluir que os mesmos não provaram nem rejeitaram o CAPM: só demonstraram a hipótese de mercado eficiente de forma tautológica.

Em resumo, embora alguns dos conceitos associados ao CAPM possam ser úteis, como a relação risco/retorno, este modelo, *de per se*, não é suficiente para a aplicação em análise de decisões óptimas de investimento em produção. Apesar de a teoria das opções não ser contraditória em relação ao CAPM e poder ser elaborada usando os conceitos deste, ela faz uma optimização de uma

⁷ Ele afirma que um investidor que fosse obrigado permanecer com o mesmo *portfolio* durante 10 anos iria ter uma escolha diferente de outro investidor que tivesse a opção de rever a composição do seu *portfolio* continuamente, mesmo com custo para exercer essa opção.

forma mais geral e mais simples, normalmente sem impor restrições à preferência dos investidores em relação ao risco (apenas supondo um comportamento maximizador de riqueza).

3.2.3 Teoria de preços por arbitragem

Sendo de origem mais recente que o CAPM, a teoria da formação de preços por arbitragem (*Arbitrage Pricing Theory* (APT)) tem sido objecto de estudo e desenvolvimento, sobretudo a partir da década de 80, e pode ser vista como um modelo alternativo para a avaliação do risco e consequente determinação do preço dos activos financeiros.

O modelo APT, desenvolvido por S. Ross (1976), baseia-se na distribuição entre a informação conhecida e reflectida nos preços e as surpresas que ocorrem, constantemente, nos mercados financeiros. Estipula que a taxa de rendibilidade de um activo, $E(r_j)$, é uma função linear de n factores, a saber:

$$E(r_j) = k_{RF} + [\bar{\delta}_1 - k_{RF}] \beta_{j1} + \dots + [\bar{\delta}_n - k_{RF}] \beta_{jn},$$

onde

k_{RF} é a rendibilidade de um activo sem risco;

$\bar{\delta}_j$ é a média do factor j e exprime a rendibilidade esperada de um factor com uma sensibilidade unitária ao factor j e sensibilidade zero a todos os outros factores;

β_{jl} representa a sensibilidade da rendibilidade do título j ao factor l .

Por conseguinte, a diferença $\bar{\delta}_{ij} - k_{RF}$ traduz o prémio de risco dado pela diferença entre a rendibilidade esperada de um factor (que tem uma unidade de resposta ao fac-

tor j e nula a todos os restantes factores) e a taxa de rendibilidade de um activo sem risco.

Quanto ao *beta*, ele é determinado do mesmo modo que no CAPM.

O APT é mais robusto que o CAPM pelos seguintes motivos:

- o APT não emite pressupostos acerca da distribuição empírica da rendibilidade dos activos;
- o APT não emite pressupostos fortes acerca da função de utilidade individual (aversão ao risco, como no caso do CAPM);
- para o APT a rendibilidade de equilíbrio dos activos depende de vários factores e não apenas de um;
- o APT não exige que se teste a totalidade dos activos do universo para que se teste a teoria;
- não existem funções especiais da carteira de mercado no APT, enquanto o CAPM exige que a carteira de mercado seja eficiente;
- o APT facilmente se torna extensivo a um contexto multiperódico;
- o CAPM é unidimensional no risco, enquanto o APT é multidimensional.

Após o trabalho pioneiro de Ross muitos outros autores têm procurado explicar a rendibilidade dos títulos e das carteiras baseando-se em variáveis múltiplas.

CAPÍTULO 4

OPÇÕES REAIS

No âmbito da gestão das empresas, um número crescente de académicos e gestores vem considerando insatisfatórios os métodos de afectação de recursos tradicionalmente adoptados (AGGARWAL, 1991; PEARSON, 1986). Estudos efectuados por DONALDSON e LORCH (1983), entre outros, evidenciaram uma discrepância permanente entre a teoria financeira tradicional e a realidade empresarial, sugerindo que os gestores têm frequentemente pretendido ir além dos critérios tradicionais de investimento de modo a integrarem a flexibilidade operacional e outras reflexões estratégicas que consideram de valor intrínseco superior ao dos *cash flows*.

Para além do risco, aos projectos de investimento estão geralmente associadas opções para subseqüentes tomadas de decisão. Uma vez aceite um projecto, os gestores possuem a flexibilidade de proceder a alterações que afectam os *cash flows* futuros ou, até, o período vida do projecto.

PINDYCK (1991), DIXIT (1989), VAN HORNE (1995) e TRIGEORGIS (1988), entre outros, têm-se debruçado sobre a análise desta faculdade de gestão, que na realidade as empresas detêm, e que se denomina *Teoria das Opções Reais*. A este propósito, também I. SOARES (1996) salienta “... *A Teoria das Opções Reais torna-se fundamental quando existem questões de irreversibilidade e possibilidade de diferimento já que, nestes casos, os critérios tradicionalmente utilizados em análise de investimentos tendem a subestimar o valor do investimento por não incorporarem no seu processo de cálculo a questão da flexi-*

bilidade operacional e outros factores estratégicos, em particular a possibilidade de diferimento”.

Neste capítulo abordamos as repercussões resultantes da introdução do elemento risco na política de investimentos de uma empresa e salientamos a relevância das opções reais. Apesar da terminologia, uma opção real não é uma opção financeira, no sentido técnico do termo (a propósito, as *opções reais*, apesar da intensa investigação que sobre elas se faz presentemente, foram pela primeira vez introduzidas há já alguns anos — mais precisamente, por MYERS, em 1977, no artigo “*Determinants of Corporate Borrowing*”, publicado no *Journal of Financial Economics*, 5, 147-175), embora algo de comum aos dois conceitos subsista.

4.1 Flexibilidade empresarial e sua quantificação

Para a selecção de projectos de investimento, até agora considerámos *cash flows* para um determinado horizonte temporal, que depois actualizámos para o momento presente. Porém, os projectos de investimento, ainda que aceites, nem sempre são concretizados. Os gestores das empresas procedem, não raras vezes, a modificações que podem levar a alterações dos *cash flows* posteriores ou, inclusivamente, da vida dos próprios projectos. Estas opções reais, ou de gestão (na secção 4.2. daremos breve notícia do seu aparecimento e evolução), permitem potenciar o sucesso dos projectos de investimento e minimizam a perda que eles estejam eventualmente a provocar.

A técnica tradicional de actualização de *cash flows* contém pressupostos implícitos referentes a um cenário esperado de *cash flows* e presume um comprometimento do passado da gestão com uma dada estratégia operacional estática (por exemplo, iniciar de imediato um projecto e

realizá-lo continuamente até ao fim da sua pré-determinada vida útil). A extrema atenção dada aos métodos de actualização de *cash flows* ignora frequentemente estas opções, bem como a flexibilidade empresarial que lhes está associada, isto é, a capacidade de alterar antigas decisões quando a conjuntura se modifica (AGMON, 1991).

A presença de opções reais aumenta, por conseguinte, o valor de um projecto de investimento. O valor deste pode então ser encarado como o valor actualizado líquido do projecto, calculado do modo tradicional, incrementado do valor da opção (ou opções):

$$\text{Valor do projecto} = \text{VAL} + \text{Valor da opção}.$$

Quanto maior for o número de opções e mais vasta for a incerteza inerente à sua utilização, maior será o segundo membro desta expressão e, conseqüentemente, maior será o valor do projecto. Assim considerado, este também pode ser designado por *valor actualizado líquido estratégico* (TRIGEORGIS, 1993; BIERMAN e SMIDT, 1993). Difere do conceito do VAL por incorporar tres tipos de considerações, omitidas na análise convencional do VAL:

- avaliação da flexibilidade resultante das alternativas de decisão relacionadas com as opções reais;
- avaliação dos efeitos na posição de mercado da empresa;
- avaliação do risco, utilizando medidas de mercado, sempre que possível.

A consideração do VAL estratégico permite, portanto, alargar o âmbito da análise e reconhecer flexibilidade à gestão das empresas. Este indicador expande o conjunto de alternativas que deve ser considerado pelos analistas, reconhece a existência de flexibilidade e associa-lhes um valor, que pode ser estimado por recurso à *Teoria da Valorização das Opções* e à *Análise da Contingência* — *Contin-*

gent Claims Analysis — (MASON e MERTON, 1985) sendo, contudo, esta avaliação frequentemente complexa.

O VAL tradicional baseia-se em pressupostos relacionados com um cenário esperado de *cash flows* e pressupõe que a gestão esteja comprometida com uma prévia *estratégia operacional*.

Porém, nas actuais condições de mercado, caracterizadas pela mudança, incerteza e competitividade, a realização dos *cash flows* será provavelmente diferente da que a gestão inicialmente previu. À medida que se obtêm novas informações e que a incerteza sobre a situação do mercado gradualmente se esvanece, os gestores têm capacidade e flexibilidade para alterar a estratégia operacional, de molde a capitalizar futuras oportunidades ou a mitigar eventuais perdas. A gestão pode, por exemplo, decidir diferir, expandir, contrair, abandonar ou de algum modo alterar o projecto no decurso de qualquer das etapas da sua vida útil.

A flexibilidade da gestão e a capacidade de adaptação em resposta a modificações do mercado expandem o valor de oportunidade de um investimento, pois incrementam o seu potencial, enquanto, simultaneamente, limitam as perdas inicialmente esperadas.

Ao contrário de outras abordagens, a técnica da Análise da Contingência, baseada nas opções, ao reconhecer explicitamente a elasticidade gestora suficiente para adaptar as decisões, condicionadas por acontecimentos futuros, introduz uma assimetria, ou distorção, na distribuição do valor do projecto. Tal assimetria origina, por sua vez, uma expansão do valor das oportunidades de investimento em relação à análise clássica do VAL, já que futuras decisões podem ser melhoradas e por conseguinte aumentar o valor do projecto.

A assimetria assim resultante exige um VAL expandido que reflecta ambos os componentes: o tradicional

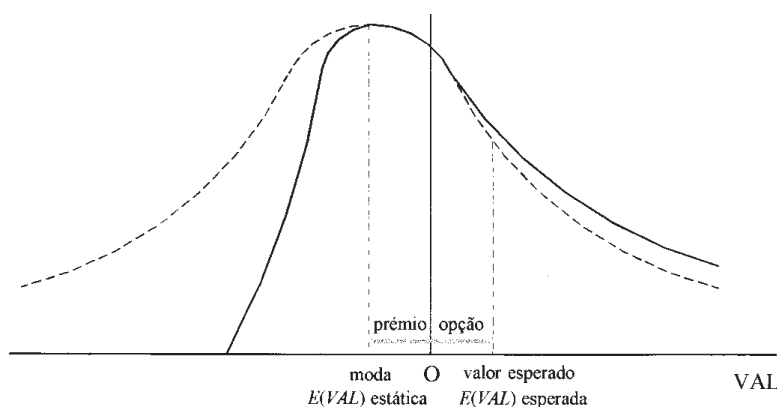


Figura 4.1 Distribuição assimétrica do VAL devido à flexibilidade estratégica

(estático ou passivo) e o valor da opção da flexibilidade estratégica (TRIGEORGIS, 1988).

Isto não significa que retiremos importância ao VAL tradicional. Pelo contrário, devemos considerá-lo como um *input* crucial e necessário à análise do VAL expandido, via a relação

$$VAL \text{ estratégico} = VAL \text{ estático} + \text{Valor das opções da gestão activa.}$$

Esta abordagem tem a virtude de conceptualizar e, até, quantificar as opções provenientes de uma gestão activa. O valor correspondente manifesta-se como uma colecção de opções (*call* ou *put*), incorporadas nas oportunidades de investimento de capital, tendo subjacente como activo o valor bruto do projecto.

A título de exemplo, refiramos algumas opções reais, a que tornaremos na secção 4.4 com algum pormenor.

- A *opção de variar o output*. Uma opção importante deste tipo reside na capacidade de expandir a produção, caso as condições se revelem favoráveis ou, pelo contrário, na flexibilidade de a contrair. A primeira é denominada *opção de expansão* (ou *extensão*)

e a segunda pode levar até ao encerramento, definitivo ou temporário, da produção.

- A *opção de abandono*. Se um projecto possuir valor de abandono, este representa uma opção *put*¹ (ou de venda) para o seu detentor.
- A *opção de adiar*, também conhecida como opção de oportunidade de investimento. Para alguns projectos é possível aguardar a sua implementação, sendo o tempo de espera utilizado na obtenção de novas informações.

As opções reais são muitas vezes informalmente tratadas na análise do valor de um projecto como factores meramente qualitativos. De facto, a quantificação destas opções é substancialmente mais complexa do que a das opções financeiras, sendo necessário recorrer a árvores de decisão e técnicas de simulação, visto nem sempre serem completamente apropriados os métodos de cálculo das opções financeiras.

Apesar dos três tipos de opções acima listados serem os mais importantes (KULATILAKA e MARCUS, 1992), outras existem. Uma empresa pode flexibilizar o seu processo produtivo, mediante a capacidade de alterar a tecnologia empregue, em conformidade com o custo dos *inputs* futuros. Noutras situações, pode ser apropriado fabricar vários produtos. Esta capacidade de alterar o *mix* de *output* em resposta à procura de mercado é, sem dúvida, uma opção real com elevado valor.

¹ O preço do exercício do *put* é o valor dos activos do projecto caso sejam vendidos ou afectos a outra actividade.

4.2 Evolução e desenvolvimento da teoria das opções reais

A revolução das opções reais surgiu, em parte, como resposta à insatisfação de gestores de empresas, estrategos e alguns teóricos com as técnicas usuais da decisão de investimento, como principiámos por referir. Muito antes do desenvolvimento da teoria das opções reais, alguns especialistas trabalhavam já com elementos alusivos às interacções estratégicas e de flexibilidade de gestão, embora de forma meramente intuitiva.

Os críticos mais antigos (HAYES, 1982) reconheceram que o critério de actualização de *cash flows* subavaliava frequentemente as oportunidades de investimento, levando a decisões míopes e a eventuais perdas de posições competitivas, porque não valorizavam, ou mesmo ignoravam, importantes considerações de ordem estratégica. Já em 1964 HERTZ e MAGEE propuseram a utilização de técnicas de simulação e de árvores de decisão como métodos mais correctos de valorização da flexibilidade operacional futura associada a muitos projectos. MYERS (1987) sugeriu que a Teoria de Valorização das Opções é a mais indicada para a avaliação de investimentos, enquanto confirmava subsistirem limitações inerentes à actualização de *cash flows* e que parte do problema resultava da sua incorrecta aplicação quando se tratava de valorizar opções estratégicas significativas. Posteriormente, TRIGEORGIS e MASON (1987) mostraram que a valorização das opções pode ser encarada como uma análise corrigida e especial das árvores de decisão.

A avaliação quantitativa das opções reais deriva dos trabalhos de BLACK e SCHOLES², em 1973, sobre a valorização das opções financeiras. Diversos artigos têm sido

² Prémio Nobel da Economia em 1997.

publicados, desde então, com o intuito de contribuir para uma quantificação mais precisa dos diferentes tipos de opções reais. A opção de diferir o início de um investimento foi examinada por McDONALD e SIEGEL (1985) e outros autores, que a ilustraram através de casos de operações de locação financeira no sector do petróleo e de valorização de reservas naturais. INGERSOLL e ROSS (1992) estudaram a opção de esperar de modo a beneficiar do impacto de uma potencial futura descida das taxas de juro no valor de um projecto. MAJD e PINDYCK (1991) valorizaram a opção de atrasar a implementação sequencial de projectos, determinando a taxa máxima a que um investimento deve prosseguir. PINDYCK (1988) e TRIGEORGIS (1988) examinam a opção de variar (isto é, expandir ou contrair) a escala operacional ou a escolha da capacidade de um projecto. Em 1993, TRIGEORGIS trabalha também com a valorização de investimentos sequenciais, ou por etapas. A opção de abandono de um projecto foi estudada por MYERS e MAJD (1990), entre outros, e as opções de troca de usos (isto é, *inputs ou outputs*) foram examinadas por KULATILAKA e TRIGEORGIS (1994). BREALEY e MEYERS em 1988 trataram oportunidades futuras de investimento como opções de crescimento empresarial.

Apesar da sua significativa contribuição teórica, a literatura pioneira sobre a valorização de opções reais, focadas individualmente, permaneceu, não obstante, limitada em virtude da sua reduzida utilização prática. De facto, os projectos são geralmente complexos, permitindo uma panóplia de opções reais cujos valores podem interagir. Um dos artigos mais antigos, que combinava o valor da opção de abandono de uma empresa mineira com o seu possível reinício, foi elaborado por BRENNAN e SCHWARTZ, em 1985. Já em 1993, TRIGEORGIS analisava a natureza das interacções entre opções reais, salientando, por exemplo, que a presença de opções subsequentes pode incrementar

o valor do activo subjacente às opções iniciais. O recente reconhecimento das interdependências entre opções reais tem permitido estabelecer uma ponte entre um estágio meramente teórico e uma fase de aplicação.

Neste ambiente real e mais complexo, nem sempre existem soluções analíticas e nem sempre é possível estabelecer um sistema de equações diferenciais que descrevam o processo estocástico subjacente. Por outro lado, diferentes técnicas de análise numérica tem sido melhoradas, implicando um aumento da capacidade de valorização de tais opções. Existem, de modo genérico, dois tipos de técnicas numéricas:

1. as que abordam directamente o processo estocástico e são mais intuitivas (*cf.* simulação de Monte Carlo, BOYLE (1977) e TRIGEORGIS, (1988));
2. as que se baseiam nas equações diferenciais resultantes (PINDYCK, 1988).

Áreas importantes, que requerem maior atenção e onde as opções reais demonstram capacidade para fazer a diferença, são as da competitividade e da estratégia.

Vantagens competitivas devidas a patentes, tecnologias, marcas, escalas ou poder de mercado conferem às empresas significativas opções de crescimento através de investimentos lucrativos futuros e permitem-lhes responder mais eficazmente a adversidades inesperadas. Vários economistas analisaram diferentes aspectos estratégicos e de competitividade inerentes a investimentos de capital. Por exemplo, ROBERTS e WEITZMAN (1981) constataram que, num processo de decisão sequencial, pode valer a pena implantar um investimento com VAL negativo quando ele for susceptível de fornecer informação acerca de futuros projectos benéficos, especialmente quando a incerteza é grande. BALDWIN (1992) observa que a sucessão óptima de investimentos para empresas que enfrentam decisões irreversíveis pode necessitar de um prémio positivo que exceda o VAL, de modo a

compensar a perda de valor de futuras oportunidades resultantes da execução de um investimento.

MYERS, em 1984, aponta como principal falha da abordagem tradicional a incapacidade de ela não ter em linha de conta as interdependências entre investimentos sequenciais. Daí que KESTER, nesse mesmo ano, desenvolva com maior detalhe os aspectos interactivos estratégicos e competitivos de projectos e estude as oportunidades de investimento como opções de crescimento. Estes dois autores defendem que a ponte entre a teoria financeira e o planeamento estratégico passa pela aplicação de técnicas de valorização de opções à política de investimentos das empresas.

Duas críticas surgiram em relação aos trabalhos de MYERS e KESTER:

1. as técnicas das opções são demasiado complexas para aplicação corrente;
2. a análise de Árvores de Decisão é suficiente.

Mas já TRIGEORGIS mostra, num artigo publicado em 1988, que as técnicas das opções podem:

- ser utilizadas na prática para quantificar o valor da flexibilidade implícita numa variedade de projectos;
- de um modo operacional, ser encaradas como uma versão corrigida da análise das Árvores de Decisão.

Há ainda outros autores que combinam a abordagem das opções reais com os princípios básicos da Teoria dos Jogos, de modo a explorar as diversas estratégias de oportunidade de investimento baseadas na reacção dos concorrentes de diferentes estruturas de mercado (SMIT e ANKUM, 1993).

Análises suplementares sobre opções combinadas com ferramentas da Teoria dos Jogos, capazes de incorporar acções competitivas estratégicas, parecem constituir uma importante e desafiante direcção de investigação futura.

Para além dos desenvolvimentos teóricos, também a aplicabilidade das opções reais tem sido frequentemente estudada. A valorização das opções reais tem sido aplicada em diferentes contextos, desde os recursos naturais ao *leasing*, do investimento estrangeiro à estratégia, dos subsídios estatais à investigação e desenvolvimento e muitos mais (KOGUT e KULATILAKA, 1994). Aliás, o potencial para futuras aplicações constitui, em si mesmo, uma opção de crescimento.

Conjugando as conclusões dos trabalhos atrás citados, podemos afirmar que a Teoria de Valorização das Opções se revela um critério genérico de tomada de decisão de investimento, que engloba as vantagens dos dois critérios mais rigorosos e usados: o VAL e o critério das Árvores de Decisão.

Do critério do VAL, a Teoria da Valorização das Opções utiliza a ideia de encontrar um título de comparação para a avaliação correcta do risco: um título perfeitamente correlacionado. Do critério das Árvores de Decisão, vai recorrer à ideia de modelização da flexibilidade conseguido à custa dos nós de decisão.

Com efeito, já nos tínhamos referido ao facto de que, apesar deste critério permitir a tomada de decisão em cada nó, desde que a informação seja recebida antes de se efectuar a acção, o problema residia em que as árvores de decisão não forneciam indicações sobre a taxa de actualização ajustada pelo risco. E é precisamente aqui que o modelo de valorização das opções representa um avanço porque não só prevê nós de decisão, como também procura títulos equivalentes em termos de risco.

4.3 Opções financeiras: contributo para a teoria das opções reais

Como fizemos notar na secção anterior, a flexibilidade operacional e a estratégia não são correctamente valorizadas

pela técnica de actualização financeira. Todavia, é possível analisar esses importantes aspectos dos investimentos se pensarmos neles como colecções de opções em activos reais (ou opções reais) através da Teoria de Valorização das Opções.

De novo com o objectivo de dar alguma auto-suficiência ao trabalho, muito sucintamente relembramos algo sobre opções financeiras, já que muitos dos processos de cálculo das opções reais se socorrem da metodologia utilizada nas opções financeiras.

4.3.1 Conceito de opção financeira

Uma *opção (financeira)* é um instrumento financeiro que dá ao seu detentor o direito (que não a obrigação) de comprar ou vender um determinado activo, num certo período de tempo, por um preço previamente estabelecido.

A opção pode ser “americana” e, neste caso, o direito pode ser exercido em qualquer momento até à data de expiração do contrato, ou “europeia”, e, agora, a opção só pode ser exercida na data de expiração.

Há dois tipos de opções:

- *call option (opção de compra)* — dá ao seu possuidor o direito de compra;
- *put option (opção de venda)* — confere ao seu detentor a possibilidade de venda.

Se uma dada empresa é detentora de uma *opção de compra* de um determinado lote de acções a efectivar em data futura contratada, então a empresa só exercerá esse direito se, na data estabelecida, o preço da acção em termos de mercado for superior ao preço previamente acordado para a compra do lote. Se o preço de mercado for inferior, naturalmente a empresa comprará o lote dos títulos no mercado e não exercerá a sua opção.

Num contrato de opção existem duas partes, o *vendedor* (*writer* ou *grantor*) e o *comprador* (*buyer* ou *holder*). O comprador compra (!) ao vendedor do contrato o compromisso para vender ou comprar, até à data convencional no contrato (o *vencimento*), a seu pedido, uma quantidade determinada (o *montante*) do instrumento financeiro que serve de base ao contrato (o *instrumento de referência*) por um preço pré-fixado (*preço de exercício* ou *strike price*). O preço que o comprador pagará ao vendedor da opção na data do contrato para que este lhe garanta as condições estipuladas no mesmo é o *prémio* (ou *option price*).

A *data de liquidação* é o dia no qual se efectua a entrega do montante contratualmente estipulado; se se tratar de uma opção “europeia”, essa data ocorre um ou dois dias após o vencimento do contrato; se for uma opção “americana”, a data de liquidação acontece um ou dois dias após a data de exercício da opção.

O quadro que se segue resume os direitos e obrigações dos intervenientes de um contrato de opções.

Opção	Posição	Obrigações	Direitos
Opção de compra (<i>call option</i>)	Comprador do <i>call</i>	Pagamento imediato do prémio	Direito de comprar o activo ao preço pré-fixado
	Vendedor do <i>call</i>	Obrigação de, se a contraparte o solicitar, comprar o activo ao preço pré-fixado	Recebimento imediato do prémio
Opção de venda (<i>put option</i>)	Comprador do <i>put</i>	Pagamento imediato do prémio	Direito de vender o activo ao preço pré-fixado
	Vendedor do <i>put</i>	Obrigação de, se a contraparte o solicitar, comprar o activo ao preço pré-fixado	Recebimento imediato do prémio

Um contrato de opção pode ter por instrumento de referência diversos tipos de valores ou bens, dependendo a sua escolha do risco que se pretende cobrir.

O desenvolvimento das actividades com opções sobre acções foi favorecido pelo surgimento de mercados organizados que as dotaram de liquidez e que facilitaram a sua rápida aquisição.

O CBOE³, nascido em 26 de Abril de 1973, foi inicialmente criado para a negociação de *opções de compra* (*call options*). Apenas em 1977 este mercado foi alargado ao comércio de *opções de venda* (*put options*). O êxito deste mercado pode ser atribuído em larga escala aos três seguintes factores:

- a padronização dos preços de exercício e das datas de vencimentos;
- as opções são bens fungíveis, o que facilita a sua negociação ao eliminar o vínculo directo entre o comprador e o vendedor;
- uma substancial redução dos custos das transacções facultada pela eficaz organização e amplitude do mercado.

Uma comparação entre o preço de exercício e o preço de mercado actual das acções em causa, classifica as opções em *out-of-the-money*, *at-the-money* ou *in-the-money*.

Suponhamos, por exemplo, que as três seguintes opções de compra estão disponíveis no mercado:

Opção de Compra	Preço de Exercício	Preço da Acção	Classificação
1	9.000	9.500	<i>in-the-money</i>
2	9.500	9.500	<i>at-the-money</i>
3	10.000	9.500	<i>out-of-the-money</i>

³ CBOE significa *Chicago Board Options Exchange*.

A opção 1 tem valor porque permite ao comprador adquirir a acção com preço de 9.500 escudos ao preço de exercício de 9.000 escudos. A diferença de 500 escudos é o chamado *valor intrínseco*. Se o preço da opção for superior ao valor intrínseco, ao valor excedente chama-se *valor temporal*. Se, por exemplo, o preço da opção for de 800 escudos e o valor intrínseco de 500 escudos, o valor temporal é de 300 escudos. Este valor depende das expectativas de aumento do preço futuro da opção antes da data de vencimento. As opções 2 e 3 não têm valor intrínseco, uma vez que o preço de exercício iguala ou excede o preço da acção, respectivamente. Porém, uma vez que os seus preços não podem ser nulos nem negativos, elas terão um preço que reflectirá o seu valor temporal.

Para *opções de venda* a classificação é simplesmente a contrária.

4.3.2 Valor de uma opção financeira e modelo de Black-Scholes

Perante as acções de uma determinada empresa, ou perante um activo financeiro, todo o investidor se depara com uma dupla questão: adquiri-las, ou não, para o seu *portfolio* e, em caso afirmativo, qual o montante a comprar? São vários os factores determinantes do valor futuro da opção, se bem que a cotação da acção seja, em última instância, o principal de entre eles.

Com o recurso a um diagrama de Bachelier⁴ ilustramos a relação entre o valor de uma opção e o valor da acção correspondente. O seu comportamento é similar ao seguido pela linha de pontos *OBC*.

⁴ L. Bachelier (1900) foi o precursor da moderna teoria das opções (financeiras), cuja significativa importância se estende a outras áreas.

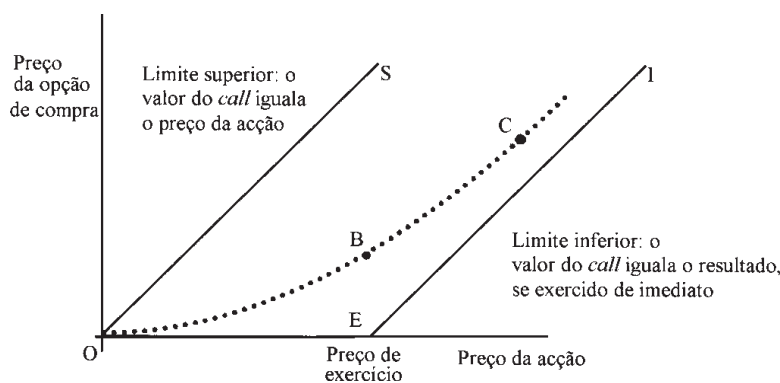


Figura 4.2 Preço de uma opção *call*

A linha recta OS , bissetriz do quadrante dos semi-eixos coordenados positivos, para a qual se verifica a equação

$$\text{Preço da opção} = \text{Preço da acção},$$

constitui o limite superior para o valor da opção. Ninguém compraria uma opção cujo preço fosse superior ao valor da acção que lhe serve de instrumento de referência, já que ficaria mais barato ao potencial investidor comprar a correspondente acção directamente. O limite inferior do valor da opção é dado pela linha quebrada OEI , onde E é o preço de exercício. Com efeito, quando o preço P da acção é igual zero, ou quando é inferior ao preço de exercício da opção, o menor valor que a opção pode tomar é zero; quando o preço da acção excede o preço E de exercício da opção, o limite inferior será dado pela linha EI , uma vez que (no pressuposto da não existência de custos de transacção ou de impostos) qualquer investidor poderá exercer a opção ao preço de exercício e vender a acção no mercado, recuperando a diferença $P - E$.

O preço da opção manter-se-á sempre na região compreendida entre aquelas duas linhas, seguindo a linha

de pontos *OBC*, ou qualquer outra trajectória similar. Na origem do sistema de eixos, quando o preço da acção é zero, o valor da opção é nulo. No troço *OB*, quando o preço da acção é inferior ao de exercício, o preço da opção toma, porém, um valor positivo e crescente. Por exemplo, no ponto *B* o preço da acção coincide com o de exercício da opção, e se esta fosse exercida no dia de hoje, o seu valor seria nulo.

Todavia, são expectativas, e não certezas, que o investidor compra na realidade. O valor da opção é, pois, dada por

$$\begin{aligned} \text{Valor da opção} &= \text{Prob}(P \leq E) + (P - E) \text{Prob}(P > E) \\ &= \text{Prob}(P \leq E) + (P - E) [1 - \text{Prob}(P \leq E)], \end{aligned}$$

onde,

$\text{Prob}(P \leq E)$ é a probabilidade de o preço da acção, P , ser inferior ou igual ao preço de exercício, E ;

$\text{Prob}(P > E)$ é a probabilidade de o preço da acção exceder E .

Como o valor da opção não pode ser negativo, tal como o das probabilidades, é irrelevante o valor de $\text{Prob}(P \leq E)$ para que o valor da opção seja positivo; daí que o ponto *B* tenha ordenada positiva.

Naturalmente, o valor de $\text{Prob}(P > E)$ será tanto maior quanto maior for:

- a variância da variável aleatória que descreve o comportamento de P ;
- o tempo de vida da opção.

Por último, e com respeito ao ponto *C*, à medida que o preço da acção iguala e se afasta do preço E , o preço da opção tenderá a aproximar-se do preço da acção diminuído do valor actualizado do preço de exercício — daí que a curva *OBC* tenda a tornar-se paralela a *EI*.

De modo análogo se estuda o valor de uma opção de venda de acções ordinárias (figura 4.3).

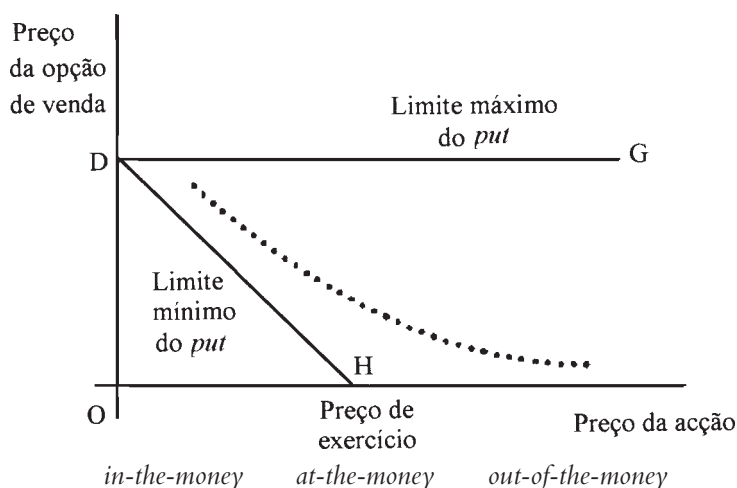


Figura 4.3 Preço de uma opção *put*

Como se pode observar no gráfico correspondente ao valor de um *call*, a relação entre os preços da opção e os da acção não é linear. Por conseguinte, o que um investidor ganha (ou perde) na posição a longo prazo (investimento em acções) não é exactamente compensado com o que perde (ou ganha) na posição a curto prazo (venda de opções).

Contudo, é possível desenhar estratégias de investimento (*hedge positions*) combinando-se um número suficientemente grande de posições a longo prazo em acções com posições a curto prazo em opções, nas quais o que se ganha ou perde não depende do sentido da variação dos preços. Isto é, o risco de mercado destes investimentos é inteiramente diversificável. Por conseguinte, num mercado de capitais em equilíbrio, as *opções de compra* devem ser valorizadas de tal forma que o seu rendimento médio seja igual à taxa de juro livre de risco.

Quando se encontram satisfeitos os pressupostos, ditos “ideais”, de funcionamento do mercado de opções e de acções, FISHER BLACK e MYRON SCHOLES, em 1973, demonstraram que a fórmula abaixo indicada satisfaz os requisitos a que se fez referência anteriormente:

$$\text{Valor actual da opção} = PN(d_1) - E_e^{-k_{RF}T}N(d_2)$$

onde,

- P é o preço actual da acção;
- E é o preço de exercício da opção;
- k_{RF} é taxa de juro livre de risco;
- T é o tempo de vida da opção;
- $N(d)$ é a função de distribuição da variável aleatória normal com média nula e variancia unitária;

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{P}{E}\right) + \left(k_{RF} + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma T};$$

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

O modelo de Black-Scholes baseia-se no seguinte conjunto de hipóteses:

- a taxa de juro a curto prazo é conhecida e mantém-se constante;
- o preço das acções é uma variável aleatória contínua;
- não há distribuição de dividendos nem de nenhum outro tipo de benefícios;
- a opção é europeia;
- o mercado de valores é perfeito e há ausência de custos de transacção e de impostos;
- é possível obter uma fracção qualquer do investimento à taxa de juro de curto prazo;
- não é necessário dispor dos títulos nas operações a prazo; basta que o vendedor possua, no momento de vencimento do contrato, o seu valor em dinheiro, segundo a cotação do dia no mercado.

Para aplicar a fórmula atrás apresentada basta retirar das tabelas de distribuição normal os valores de $N(d_1)$ e de $N(d_2)$, uma vez determinados d_1 e d_2 . É necessário estimar apenas a variância σ , visto as restantes variáveis serem conhecidas.

4.3.3 Analogia entre opções financeiras e opções reais

Como já referimos, podemos analisar certos aspectos pensando nas oportunidades de investimento como colecções de opções em activos reais, através da técnica de Análise da Contingência baseada nas opções.

Tal como o detentor de uma opção *call* “americana” sobre um activo financeiro tem o direito — mas não a obrigação — de adquirir o activo mediante o pagamento de um preço pré-determinado (o preço de exercício) até à data pré-definida (data de vencimento) e irá exercer a opção se, e quando, melhor o entender, o mesmo se passará com o detentor de uma opção real. O dono de uma oportunidade de investimento goza o direito — mas não a obrigação — de adquirir o valor actual (bruto) dos *cash flows* esperados.

Então, tal como ilustra a figura 4.4, existe uma analogia entre tais oportunidades de investimento reais e opções de compra sobre acções (MAGIERA e MCLEAN, 1996; TRIGEORGIS, 1996).

Adaptado de Trigeorgis, *Real Options...* 1996

Opção <i>call</i> sobre acções	Opção <i>real</i> do projecto
Cotação da acção	Valor actual dos <i>cash flows</i> esperados
Preço de exercício	Custo do investimento
Período de expiração	Período de oportunidade
Incerteza do valor da acção	Incerteza do valor do projecto
Taxa de juro livre de risco	Taxa de juro livre de risco

Figura 4.4 Analogia entre opção *call* sobre acções e opção real

A analogia entre opções reais e opções de compra sobre acções é aproximada, mas não exacta. Para além da distinção fundamental entre títulos financeiros e activos reais, são grandes algumas diferenças entre elas, a saber:

- uma opção *call* sobre acções é propriedade exclusiva de um detentor, enquanto as opções reais podem ser partilhadas por investidores concorrentes;
- as opções *call* sobre acções, tal como as próprias acções, são frequentemente negociadas nos mercados financeiros a custos mínimos; as opções reais, todavia, tal como a maioria dos investimentos, não são negociáveis;
- as opções reais são, não raras vezes, interdependentes (são opções compostas), ao contrário do que sucede com as opções *call* sobre acções.

4.4 Alguns tipos de opções reais

Diversos tipos de opções reais que enriquecem a gestão com significativa flexibilidade operacional e adaptabilidade estratégica são fornecidos pela oportunidade de investimento de capital ilustrada na figura 4.5, que trata uma operação de refinaria e extracção de petróleo.

Suponhamos que uma grande empresa de petróleo tem o prazo de 1 ano para começar as perfurações num terreno por explorar, com potencial de reservas de petróleo até 1 ano ($T_1 = 1$).

O arranque do projecto pode exigir alguns custos de exploração, a que se seguirão despesas de infra-estruturas (I_1). A estas sucederão outras respeitantes à construção das novas instalações (I_2). A extracção apenas começará após terminar a construção, isto é, os *cash flows* serão gerados apenas durante a fase operacional que se segue à última parcela de investimento.

Durante a construção, se as condições de mercado se deteriorarem, os gestores podem decidir deixar de incorrer em futuros investimentos (por exemplo, I_2). A gestão pode, doutro modo, decidir reduzir a escala da operação em $c\%$ do último investimento (I_3) no caso do mercado esmorecer, poupando I_c . A plataforma pode ter sido desenhada de modo a que a taxa de produção possa crescer $x\%$, se os preços do petróleo subirem acima do esperado, seguindo-se, então, um investimento I_E . Em qualquer altura os gestores podem, ainda, optar por vender as instalações ou o equipamento por um valor residual ou utilizá-los de um modo diferente.

Adaptado de Trigeorgis, *Real Options*,... 1996

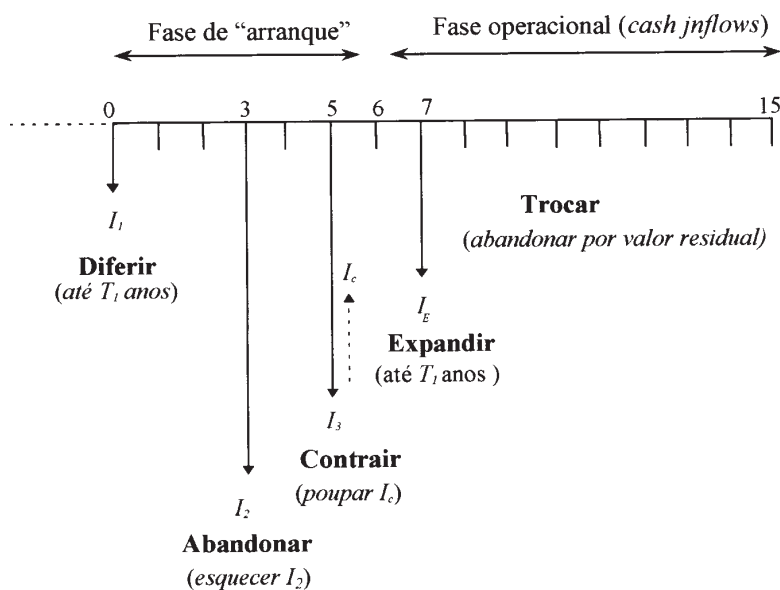


Figura 4.5 Exemplo de vários tipos de opções reais

Este tipo de projecto, utilizado inúmeras vezes na literatura existente, ilustra de modo significativo a variedade de opções reais latentes nos projectos de investimento.

4.4.1 Opção de expansão

É comum os administradores de empresas dizerem estar em presença de investimentos *estratégicos*, quando insistem em introduzir projectos que apresentam VAL negativo.

Muito embora um projecto apresente um VAL negativo, pode ser conveniente a sua aceitação através da análise da opção da sua expansão, ou extensão, futura. Por outras palavras, citando BREALEY e MYERS, “*Os investimentos de hoje representam as oportunidades de amanhã*”. Para decisões sequenciais, as Árvores de Decisão revelam-se instrumentos muito pertinentes pois permitem um estudo das possibilidades de acontecimentos subsequentes.

Pode-se determinar o conjunto óptimo de decisões recorrendo ao estudo de árvores de decisão, começando nos ramos das árvores situados mais à direita. Ou seja, procede-se à avaliação das decisões mais distantes no tempo e, em seguida, vai-se recuando.

Uma opção de expansão corresponde a uma opção de compra de tipo americano, conferindo aos detentores o direito de implantar posteriormente investimentos suplementares, caso as condições se mostrem propícias.

A opção de expansão (de crescimento ou de realização de investimentos sequenciais) encontra grandes aplicações em projectos pilotos e em projectos de investigação e desenvolvimento (*I&D*)⁵. A sua consideração visa quantificar o aspecto “estratégico” dos projectos. Estes podem ter VAL negativo, numa análise tradicional, mas na realidade serem bastante valiosos, já que com um investimento relativamente pequeno se podem obter informações que,

⁵ Existe alguma imprecisão na literatura no que concerne à denominação “opção de expansão”. Se nalguns artigos ela se caracteriza por uma simples expansão da capacidade instalada, outros há em que nela se englobam opções sequenciais.

caso sejam positivas, levem a investimentos de maior porte e com menor incerteza técnica (reflectindo o lado “bom” da incerteza). Pelo contrário, caso as informações se revelem desfavoráveis (lado “mau” da incerteza), os gestores não investirão em etapas subsequentes (KOGUT, 1991).

4.4.2 Opção de abandono

O abandono de um projecto após a sua implementação pode consistir na venda dos activos, através da qual a empresa obtém um encaixe monetário. Todavia, para que um activo tenha valor de abandono não é imprescindível que seja alienado; basta que seja posto à disposição de outra actividade da empresa, para a qual não estava originalmente idealizado (BERGER *et al.*, 1996). Em ambos os casos é possível a determinação do valor de abandono, o que representa efectivamente uma opção *put* para a empresa.

O raciocínio que efectuámos no caso do abandono é similar ao da selecção de investimentos. Sempre que não sejam justificáveis, os fundos monetários devem ser retirados de um projecto. Regra geral, um projecto de investimento deve ser abandonado quando:

- o seu valor de abandono exceda o valor actual dos *cash flows* subsequentes do projecto;
- seja preferível efectuar o abandono nessa altura a fazê-lo posteriormente.

A capacidade de abandono incrementa o valor de um projecto:

$$\text{Valor do Projecto} = \frac{\text{VAL sem opção}}{\text{de abandono}} + \frac{\text{Valor da opção}}{\text{de abandono.}}$$

O reconhecimento da possibilidade de abandono posteriormente ao início da concretização de um projecto

pode exercer efeito significativo sobre a selecção de investimentos. Robichek e Van Horne expressavam, já em 1967, em quatro passos a regra de abandono:

1. Determinação do valor actualizado da soma dos *cash flows* esperados para o projecto com o valor de abandono estimado para o final do período de espera. Se forem n os anos remanescentes de vida do projecto, o valor actualizado $VA_{\tau,\alpha}$, no momento τ , é dado pela expressão

$$VA_{\tau,\alpha} = \sum_{t=\tau+1}^{\alpha} \frac{CF_t}{(1+k)^{t-\tau}} + \frac{Vab_{\alpha}}{(1+k)^{\alpha-\tau}},$$

soma dos *cash flows* líquidos estimados para o período α , com o valor esperado de abandono no fim do mesmo período, onde,

CF_t é o *cash flow* líquido esperado para o período t ;
 k é a taxa de retorno requerida;

Vab_{α} é o valor de abandono esperado no final do período α .

2. Determinação de $VA_{\tau,\alpha}$, para $\alpha = n$. Se $VA_{\tau,n}$ for superior ao valor corrente de abandono, Vab_{τ} , continua-se a implantar o projecto e a proceder à sua avaliação no momento $\tau + 1$, baseado nas expectativas desse momento.
3. Caso $VA_{\tau,n}$ seja inferior ou igual a Vab_{τ} , calcula-se $VA_{\tau,\alpha}$, para $\alpha = n - 1$.
 Caso $VA_{\tau,n-1}$ superior a Vab_{τ} , continua-se a implantar o projecto tal como no ponto 2.
 Se $VA_{\tau,n-1} \leq Vab_{\tau}$, determinamos $VA_{\tau,\alpha}$ para $\alpha = n - 2$ e comparamos com Vab_{τ} . Este procedimento repete-se até que se mantenha a decisão de continuar com o projecto ou até ser $\alpha = \tau + 1$.
4. Se $VA_{\tau,\alpha} \leq Vab_{\tau}$, para α tal que $\tau + 1 \leq \alpha \leq n$, abandonamos o projecto no momento τ .

Esta regra implica que só se abandona um projecto no caso do valor actualizado dos benefícios futuros estimados ser inferior ao valor corrente de abandono e se se julgar que é vantajoso abandonar nesse momento e não num momento futuro.

Para além de se evidenciar útil na avaliação de novas propostas de investimento, a rotina acima exposta pode ser continuamente aplicada na análise de investimentos já existentes, auxiliando na decisão de afectação de fundos a essas ou outras aplicações.

Mesmo que os investimentos se revelem lucrativos, pode ser aconselhável abandoná-los se o valor da decisão for suficientemente elevado. Por outras palavras, o momento óptimo de abandono é dado pelo ponto em que a combinação entre *cash flows* futuros esperados e valor de abandono futuro apresenta o maior valor actualizado.

Uma opção de abandono de um projecto é formalmente equivalente a uma opção *put* do tipo americano sobre acções, sendo o valor da liquidação o preço de exercício de uma opção de venda.

Este tipo de opções encontra grande aplicação em projectos em fase operacional ou que se encontrem parados temporariamente. Quanto maior a flexibilidade de uso alternativo dos recursos do projecto, mais valiosa será essa opção. Num projecto de exploração de petróleo, exemplo que temos vindo a seguir, que se sirva de uma plataforma fixa, ocorre um custo quando se procede ao seu abandono; caso possua uma plataforma móvel, ela pode ser aproveitada noutro campo, seja para produção, serviços de perfuração ou outros.

Quando a utilização alternativa está sujeita a outra fonte de incerteza, essa opção é denominada *troca de utilização* (*switch option*): trocam-se projectos com riscos de natureza diferente.

4.4.3 Opção de espera

A opção de espera, ou de *timing* do investimento, tem um papel preponderante quando se considera a tomada de decisão do investimento. Como raramente a decisão é do tipo “agora ou nunca”, o gestor pode incluir o investimento numa carteira de projectos, onde aguarda a sua prioridade (DRUCKER, 1995).

O momento óptimo de investimento é fácil de determinar quando não existe incerteza: é suficiente calcular o VAL do projecto associado a diversas datas de começo e seleccionar o que apresentar valor superior. Porém, esta regra simples é quebrada num contexto de incerteza.

Alguns projectos não têm, obrigatoriamente, que ser iniciados após a decisão da sua aceitação, ou seja, admitem uma opção de esperar. Durante esta fase de espera podem-se coligir novas informações sobre o mercado, preços ou qualquer outro parâmetro. A principal desvantagem associada a este adiamento do arranque dos investimentos reside na possibilidade de as empresas deixarem de ser pioneiras e perderem competitividade face às suas congéneres do sector. No actual estado da economia, as oportunidades de investimento são caracterizadas por uma significativa volatilidade, razão pela qual ou se concretizam num horizonte temporal restrito ou se perdem. Uma vez mais, quanto maior for a volatilidade dos resultados, maior será o valor da opção. “*Simultaneamente, muitos investimentos — se não totalmente irreversíveis — pelo menos são parcialmente irreversíveis, já que muitas das despesas envolvidas são muito específicas para uma determinada actividade ou tipo de indústria e assim são consideradas ‘sunk cost’.* Aliás, a irreversibilidade pode surgir de fontes pouco comuns, por exemplo, até por imposição governamental ou por acordos institucionais”, I. Soares (1996).

INGERSOLL e ROSS (1992) sugerem, todavia, outra razão para o adiar dos investimentos: a incerteza das taxas

de juro futuras, que afectam a taxa de retorno requerida utilizada como taxa de desconto. Se for significativa a probabilidade de baixa das taxas de juro, um projecto que não seja hoje aceitável poderá ser seleccionado no futuro. Os autores criam um modelo para esta opção e argumentam que a análise da taxa de investimento em relação ao adiamento depende tanto do nível de taxas de juro, como do respectivo grau de incerteza.

A opção de esperar pelo início do investimento assemelha-se a uma opção *call*. O *call*, isto é, a compra, é exercido quando a empresa enceta o projecto, ou seja, quando o preço de exercício da opção corresponde ao custo esperado do investimento. É frequente ser preferível diferir a execução de um projecto com VAL positivo, para que esteja presente a opção de *call*. Esse diferimento é mais atractivo quando a incerteza é grande e quando os *cash flows* iniciais do projecto são reduzidos.

Associada a este tipo de opção surge frequentemente a opção de *tempo de construção* (*time to build*), que pode ser vista como uma sequência de opções de espera. Em projectos que requerem vários anos de construção, as flutuações do preço do produto ou do custo de construção podem originar uma paralisação temporária da implementação do projecto. O primeiro artigo a tratar este tipo de opção é da autoria de MADJ e PINDYCK (1991).

4.4.4 Opções múltiplas e compostas

As opções reais podem ser *simples* (só uma opção), *múltiplas* (várias opções interagindo) ou *compostas* (o exercício da opção resulta na aquisição de uma outra opção). A presença de mais de uma opção num projecto de investimento, ou seja, a interacção de múltiplas opções, pode ter um efeito decisivo na quantificação do valor do projecto. De um modo geral, pode-se afirmar que o valor

incremental de uma opção adicional, em presença de outras, é inferior ao seu valor visto isoladamente e declina com o aumento do número de opções presentes (TRIGEORGIS, 1993). Assim, os valores isolados não podem ser somados. Um raciocínio análogo pode ser feito para as opções compostas. Por exemplo, o exercício da opção de investir num projecto piloto trará informações adicionais que levarão, eventualmente, a exercer a opção de investir no projecto definitivo.

4.4.5 Modelos de opções reais

Na teoria das opções, considera-se a natureza *estocástica* de qualquer variável sujeita a incerteza económica⁶ através de diferentes modelos estocásticos e entra-se em linha de conta com as acções de gestão que são exercidas nos projectos devido à variação dessas próprias variáveis. Do ponto de vista teórico, este é outro factor que favorece a teoria das opções em detrimento da técnica de actualização de *cash flows*.

Um processo estocástico envolve *tempo* e *aleatoriedade*. Nesse processo, a variável estocástica não é derivável em relação ao tempo⁷ no sentido usual, de forma que o cálculo ordinário é insuficiente, o que exige o uso do chamado *cálculo estocástico*. Recorrendo a tal ferramenta matemática, pode obter-se uma expressão semelhante à *fórmula de Taylor* do cálculo ordinário (DIXIT e PINDYCK, 1994), embora as diferenças sejam importantes (DIXIT, 1993).

⁶ A incerteza económica é devida a factores externos aos projectos, enquanto a incerteza técnica se refere a aspectos internos dos projectos.

⁷ Uma variável estocástica x não tem derivada $\frac{dx}{dt}$ e, por conseguinte, não existe $\frac{1}{dt}$ o valor esperado dessa derivada; entretanto, existe vezes o valor esperado de dx (Dixit e Pindyk).

4.5 Utilização de opções reais nas empresas e testes empíricos comparativos

Conforme é observado por TRIGEORGIS (1988), as aplicações da teoria das opções reais têm vindo a merecer progressiva atenção por parte de grandes empresas dentro e fora dos EUA.

Tal teoria encontra grande aplicação na indústria, nomeadamente na transformadora, devido à existência de um mercado que serve de referência para o valor dos produtos, permitindo maior rigor na valorização dos projectos. É particularmente notória a sua aplicação em empresas líderes nas áreas do petróleo e de minério⁸, encontrando-se os seus projectos a ser analisados com a ajuda da teoria das opções reais. Também grandes multinacionais da área farmacêutica⁹ e inseridas em indústrias de tecnologia de ponta vêem nas opções reais um instrumento imprescindível para a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

Mesmo quando não se utiliza 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 dos *cash flows* actualizados, estando, inclusivamente muitas vezes em discordância com estes.

O que se observa na prática é que as decisões efectivas de investimento se aproximam muito mais das sugeridas pela teoria das opções do que as apontadas pelo método tradicional dos *cash flows* actualizados. As seguintes constatações são proporcionadas por DIXIT e PINDYCK (1995):

- a utilização, por parte da indústria, de *hurdle rates* (*taxas de barreira* ou *taxas de corte*, usadas para a

⁸ Por exemplo, a Shell International Petroleum Company (americana).

⁹ Por exemplo, a empresa americana Merk & Co. Inc.

atualização dos *cash flows* dos projectos) muito superiores às estimadas por teorias como o CAPM ou às calculadas pelo custo médio ponderado do capital, mostram que as empresas exigem que os projectos não estratégicos sejam muito atractivos (*deep in the money*);

- na indústria do cobre nos EUA, dados da década de 80 mostram que o valor do preço do cobre, que provocou a abertura e encerramento de minas, foi coerente com o preço previsto pela teoria das opções e bastante diferente do estimado pela teoria tradicional; facto idêntico ocorreu, de modo geral, na agricultura e em empresas mineiras;
- o comportamento dos *importadores* americanos em relação às flutuações na taxa de câmbio na década de 80 também mostra que os empresários não adoptam, na prática, a regra do VAL de modo isolado, tendo um comportamento coerente com a teoria das opções;
- o estabelecimento de *restrições orçamentais* para os investimentos, mesmo em empresas com recursos próprios disponíveis, ou baixo índice de endividamento, de forma a que nem todos os projectos com VAL positivo sejam realizados (o que equivale à utilização de elevadas taxas de corte);
- a forma como a incerteza política e económica afecta negativamente o investimento é uma evidência empírica da eficácia da nova abordagem, enquanto factores que têm efeito determinístico nos *cash flows*, como os benefícios fiscais, têm muito menos influência na decisão de investimento do que a abordagem tradicional;
- os investimentos em *I&D* só encontram, regra geral, fundamento económico nas opções, já que são projectos com VAL normalmente negativo e elevado

risco, o que poderia supor uma penalização adicional com altas taxas de desconto: no entanto, empresas de sucesso investem bastante em *I&D*.

No que diz respeito a testes econométricos, a teoria tradicional também não tem conseguido explicar o investimento agregado, apesar de inúmeras tentativas, inclusive com testes sofisticados como os ilustrados num artigo de ABEL e BLANCHARD (1986). Os testes econométricos respeitantes à teoria das opções estão ainda numa fase embrionária, mas os que é possível conhecer, através da literatura existente, apresentam resultados satisfatórios e coerentes com a teoria da opções (CABALLERO e PINDYCK, 1992; PINDYCK e SOLIMANO, 1993).

Como PINDYCK salienta (1991), as dificuldades na elaboração de testes econométricos do moderno modelo de investimento sob incerteza, estão relacionadas com o facto das suas equações serem muito complicadas (não-lineares) e com a dificuldade de medição dos parâmetros que reflectem as componentes-chave do risco.

4.6 Repercussões da teoria das opções reais

Existe um ponto comum aos vários tipos de opções abordados neste capítulo: quanto maior for a variância ou incerteza associada ao futuro, ou seja, quanto mais elevada for a volatilidade, mais valiosas se tornam as opções.

Como já anteriormente se frisou, as opções reais são diferentes das opções financeiras. A Teoria da Valorização das Opções facultá-nos uma relação exacta entre o valor de uma opção e o preço do respectivo activo. O equilíbrio de mercado depende da elevada eficiência com que se dirigem os mercados financeiros. Dado que os mercados de produtos não se lhes assemelham em eficiência, as opções reais são distintas.

Não é possível utilizar a neutralidade face ao risco com o intuito de realçar variâncias, como se procede com as opções financeiras. O preço de uma opção real pode variar ao longo do tempo. Mais ainda, a volatilidade é dificilmente mensurável, já que a base de estimação é também variável. O custo de oportunidade da espera do exercício de uma opção real não é tão preciso quanto o não pagamento de dividendos relativos a uma acção, por exemplo. Estas e outras diferenças conferem às opções reais uma complexidade superior à das opções financeiras.

Não obstante, o quadro geral da Teoria de Valorização das Opções pode ser aplicado às opções reais. O reconhecimento da flexibilidade de gestão pode alterar uma decisão inicial de aceitação, ou rejeição, de um projecto de investimento. A rejeição de uma decisão baseada em técnicas de actualização de *cash flows* pode ser invertida com um valor de opção suficientemente elevado. Uma decisão pode ser adiada se o valor dessa opção ultrapassar os *cash flows* imediatos. Enquanto a técnica baseada no desconto de *cash flows* consiste num ponto de partida apropriado à selecção do investimento, em muitos casos ela necessita de ser complementada com a inclusão do estudo das opções reais.

Todavia, BIERMAN e SMIDT (1993) afirmam que a ideia que acabamos de expor é imperfeita. Alegam estes autores que os resultados das decisões futuras podem ser agregados aos *cash flows* esperados, levando a que as conclusões baseadas em técnicas de actualização sejam, de facto, suficientes e correctas, bastando para tal definir correctamente os *cash flows*. Não desvalorizam, no entanto, a importância da abordagem das opções, salientando, inclusivamente, as suas vantagens em contraponto a alguns inconvenientes. Embora alguns pressupostos possam estar disfarçados e, assim, deixarem de poder ser avaliados, a possibilidade de negligenciar estratégias de decisão futura é diminuída, os processos de

avaliação dos procedimentos são mais adequados e reduz-se o número de estratégias associadas a cada série de *cash flows* futuros.

Considerar oportunidades de investimento reais como colecções de opções em activos reais confere uma nova visão ao processo de tomada de decisão de investimentos de capital e permite aos gestores delinear importantes implicações para a orçamentação de investimentos, algumas das quais desafiam directamente os ensinamentos tradicionais¹⁰. A gestão deve alargar o seu horizonte de valorização, direccionando-se para um VAL *estratégico* ou *expandido*, de modo a não ignorar a flexibilidade das estratégias operacionais e de outras interacções estratégicas. Segundo este enquadramento alargado, uma oportunidade de investimento é vista claramente como a soma do VAL estático (ou passivo) dos *cash flows* directamente mensuráveis com o prémio da opção que reflecte o valor da flexibilidade operacional e de várias interacções estratégicas. A contribuição incremental destas fontes adicionais de valor, que constituem o prémio da acção, deve ser acrescentada ao VAL estático, tornando uma oportunidade de investimento desejável se o VAL estratégico for superior a zero.

O enquadramento das opções indica que, mantendo-se tudo o resto constante, o valor da adaptabilidade de gestão (prémio da opção):

- é maior em contextos de incerteza (consequência directa da assimetria que introduz)¹¹;
- pode aumentar em períodos de alta das taxas de juro;

¹⁰ Algumas das implicações são partilhadas por KESTER e TRI-GEORGIS.

¹¹ O detentor da opção sobre um activo, ao invés do próprio dono, goza do direito de beneficiar de potenciais aumentos do seu valor, mas não da obrigação simétrica de a exercer no caso da queda do valor do activo.

- pode crescer com projectos de investimento mais longos ou que possam ser diferidos.

Contrariamente ao convencionado, maior incerteza, taxas de juro mais elevadas ou mais tempo antes da implementação de um projecto (mesmo implicando atraso no recebimento de *cash flows*) não torna necessariamente uma oportunidade de investimento menos valiosa. Apesar, como é tradicionalmente reconhecido, de qualquer um destes factores ser prejudicial às componentes dos *cash flows* do VAL estático (representado na figura 4.6 pelas setas viradas para baixo), pode, no entanto, potenciar a flexibilidade de gestão e ter o efeito contrário no prémio de opção ou no valor das componentes estratégicas (setas viradas para cima).

Adaptado de Trigeorgis, *Real Options*,... 1996

	VAL estático	+	Prémio de opção	=	VAL expandido
Incerteza	↓	+	↑	=	?
Taxa de juro sem risco	↓	+	↑	=	?
Tempo de diferimento	↓	+	↑	=	?

Figura 4.6 Efeitos dos factores no valor global da oportunidade de investimento

Assim, o impacto global destes factores não é *a priori* óbvio, muito embora possa ser benéfico para o valor total da oportunidade de investimento, ou VAL expandido, se aumentar a flexibilidade de gestão (ou prémio de opção) com maior intensidade do reduz o valor das componentes do VAL estático.

(Página deixada propositadamente em branco)

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte das empresas reconhece que enfrenta incertezas importantes quanto ao futuro. No entanto, muitas decisões estratégicas de investimento baseiam-se, na sua essência, numa projecção simplista de acontecimentos posteriores. Os gestores são, muitas vezes, questionados quanto ao modo de inclusão de resultados futuros incertos e de eventuais sequências estratégicas na análise prospectiva dos investimentos.

A literatura existente sobre avaliação de projectos de investimento aborda, como tivemos oportunidade de expor ao longo do presente trabalho, alguns métodos capazes de solucionar os problemas das empresas neste âmbito.

A incerteza futura e a flexibilidade com que os gestores respondem aos posteriores desenvolvimentos são estudadas em três metodologias: análise dinâmica dos cash *flows* actualizados, análise de decisão e valorização de opções reais (ou análise da contingência).

Os proponentes de cada técnica argumentam que, quando utilizadas adequadamente, as suas metodologias valorizam correctamente o projecto ou a decisão estratégica em consideração. É de salientar que, no caso de se utilizarem pressupostos completamente equivalentes em cada tipo de abordagem, elas originam a mesma resposta. O problema reside no facto de, na prática, tais pressupostos, nem sempre óbvios ou consensuais, variarem consoante o méto-

do em causa, de modo que análises distintas produzem resultados diferentes.

Apesar desta observação não ser de modo algum surpreendente, ela levanta duas importantes questões:

- como deverão os gestores escolher o tipo de análise a utilizar como suporte da decisão?
- existirão situações em que uma abordagem é mais apropriada do que outra?

5.1 Métodos de avaliação de decisões de investimento sob incerteza

A análise dos *cash flows* actualizados, e em particular a análise do VAL, tem sido um método largamente utilizado como critério de avaliação de projectos. Não obstante, é agora reconhecido que este método deixa na sombra importantes reflexões estratégicas acerca de incerteza futura e de elasticidade de resposta face a alterações imprevistas (Ross, 1995).

É neste contexto que surge a análise dinâmica da técnica de actualização financeira dos *cash flows*, que começa por considerar com mais cautela os *cash flows* incertos.

Em vez de partir de uma decisão pré-determinada e de um cenário esperado de *cash flows* futuros, a versão dinâmica necessita que o analista explore as incertezas futuras mais relevantes e as possíveis decisões daí decorrentes, através de árvores de decisão ou de programas dinâmicos. Os valores obtidos e as probabilidades utilizadas nesta análise reflectem a informação à disposição da empresa no momento presente. A probabilidade de ocorrência de cada resultado é obtida através do julgamento subjectivo do responsável pela decisão ou através de dados estatísticos de projectos similares.

Tal como o método estático dos *cash flows actualizados*, esta análise recorre ao custo de oportunidade do capital como taxa de desconto (ajustada ao risco) para determinar o valor actualizado líquido esperado de um projecto. Todavia, a correcta aplicação da análise dinâmica dos *cash flows actualizados* pode, ainda, requerer a utilização de várias taxas de desconto no estudo de um projecto. Esta diferença de metodologia deriva do facto de o custo do capital não ser fixo; depende do risco dos *cash flows* e do modo como esse risco está correlacionado com outros riscos de mercado.

A *análise de decisão* também exige uma estruturação atenta de incertezas e eventuais decisões futuras. Utiliza ainda a técnica de ‘desdobrar’ uma árvore de decisão de modo a aferir correctamente a sequência preferencial das decisões.

A análise de decisão, porém, difere da análise precedente no modo de actualização: aqui os *cash flows* são actualizados apenas para reflectirem a evolução temporal, o que é realizado com recurso a uma taxa isenta de risco. Os ajustamentos ao risco surgem na caracterização da função utilidade esperada do projecto ou da decisão, que não é mais do que o valor actualizado esperado a uma taxa livre de risco, caso o decisor seja neutro ao risco.

Os valores e as probabilidades são novamente baseados na informação sobre o projecto à disposição do decisor no momento da análise. Os resultados futuros são representados com base nas expectativas subjectivas do decisor. Neste método é dada grande ênfase à utilidade esperada do projecto em detrimento da informação dos preços de mercado. Daí que o valor calculado através da análise de decisão possa diferir do valor de mercado do projecto.

A *Teoria das Opções Reais* é a mais recente das três abordagens e seguramente a menos bem compreendida

pelos decisores (TEISBERG, 1995). A literatura emergente sobre opções reais, relativamente abundante, pode induzir um leitor não especializado a concluir o oposto.

Primeiro, porque parte de tal literatura torna a técnica mais complexa do que ela realmente é. Segundo, porque alguns autores defendem a superioridade deste método em relação às metodologias mais tradicionais, por evitar complexidades como a utilização de taxas de desconto ajustadas ao risco ou o estabelecimento de funções de utilidade na estimação de valores de mercado. A metodologia das opções furta-se de facto a tais dificuldades, mas em contrapartida apresenta outros obstáculos potenciais.

Um dos problemas que pode de imediato surgir refere-se à determinação do valor do activo subjacente. Este consiste num activo com o mesmo perfil de risco do projecto que a empresa deteria no caso da 'opção ser exercida', ou seja, no caso do investimento ser realizado e o projecto completado.

Em princípio, os modelos de valorização das opções determinam o valor de mercado de uma oportunidade calculando o valor de uma carteira de títulos (ou *portfolio*) equivalente.

Uma vez que o valor do activo 'gémeo' representa o valor bruto dos *cash flows* resultantes do projecto completo, ele pode ser diferente do valor líquido da oportunidade de investir no projecto, especialmente no caso de este projecto possuir consideráveis custos incertos, de requerer um tempo de espera durante o qual as condições se podem modificar ou, ainda, envolvera múltiplas fases de desenvolvimento. Se o valor do projecto completo for observável ou mais fácil de modelar do que o valor (potencialmente complexo) da sua oportunidade de investimento, a técnica de valorização das opções pode simplificar significativamente a análise.

Porém, nem sempre o valor de mercado de tal activo é observável, sendo necessário estimá-lo através da identificação de um *portfolio* que constitua um activo gêmeo. Esta dificuldade assemelha-se à existente na estimação do prémio de risco (ou da taxa de desconto ajustada ao risco) associado a um dado tipo de investimento, quando não existem no mercado empresas com investimentos similares.

5.2 Escolha entre métodos

Não existe uma escolha dominante de um método para todos os casos possíveis. A análise dinâmica da técnica da actualização financeira serve-se de taxas de desconto ajustadas ao risco que podem diferir, ao longo do tempo, com os diferentes estados da natureza ou com as várias componentes dos *cash flows*. Não é conhecida nenhuma forma clara e precisa de averiguar se já foi incluído no projecto um número suficiente das taxas de desconto.

A análise de decisão prefere o cálculo das utilidades esperadas ao do valor de mercado e não está preparada para estimar o impacto do projecto no valor de mercado da empresa ou no preço das acções (SMITH e NAU, 1995). Contudo, é intuitivo deduzir que o valor de mercado para os accionistas tem extrema influência na função utilidade do gestor responsável pela decisão. A teoria das opções estima o valor de mercado do projecto (ou decisão), mas requer uma estimativa adequada de um projecto já terminado, bem como uma medida dos ganhos renunciados. Caso estes *inputs* não possam ser observados, a teoria de valorização das opções perde relevância. Em determinadas situações a escolha do método a utilizar é clara: a análise de decisão é uma boa escolha se não se pretender estimar o valor de mercado. A teoria de valorização das opções é bem sucedida no caso de se desejar estimar o valor de

mercado do projecto e se avaliar com precisão o valor do activo subjacente e dos ganhos renunciados.

A técnica de actualização dinâmica dos *cash flows* é uma alternativa válida se não se puderem calcular tais ganhos de modo relevante mas se, pelo contrário, se ambicionar conhecer o valor de mercado, mantendo-se o risco relativamente constante ao longo do tempo.

As três abordagens proporcionam os benefícios da análise dinâmica, ou, de outro modo, incluem os efeitos da incerteza e o impacto de acontecimentos futuros na decisão corrente e na valorização do projecto (SHULL, 1992).

Qualquer dos métodos pode ser utilizado na estimação de factores que intervêm no valor da flexibilidade futura, tais como a capacidade de aceleração, o atraso ou o cancelamento do projecto. Mais ainda, cada uma das perspectivas possibilita a consideração de eventuais acções ou estratégias da concorrência, que não são incorporadas numa análise estática.

Sintetizando, as análises dinâmicas propiciam um enquadramento para uma melhor consideração da incerteza futura. O processo de análise dinâmica tende, assim, a alargar o horizonte das possibilidades futuras e a aperfeiçoar o estudo sobre as várias estratégias alternativas. Aliás, o processo, em si mesmo, pode ser mais importante que os resultados analíticos específicos. Nesta perspectiva, e sabendo que a valorização das opções possibilita ao analista evitar estimar *cash flows* e riscos inerentes, ela pode diminuir o processo enriquecedor das implicações dos futuros cenários.

5.3 Conclusão

De um modo geral, a utilização de qualquer uma das abordagens dinâmicas descritas permite ao decisor a inclusão

de acrescidas reflexões de ordem estratégica na análise de um projecto, mais do que seria possível com análises estáticas, que não encaram com ênfase suficiente a incerteza e a adaptação a um futuro desconhecido. Estas metodologias dinâmicas também possibilitam a consideração de interações entre decisões e acontecimentos ao longo do tempo e entre projectos.

É claro que o valor real do uso de qualquer tipo de análise depende do seu modo de aplicação. Os críticos da análise tradicional dos *cash flows* actualizados, entre os quais se destacam PINDYCK, DIXIT e TRIGEORGIS pelos importantes contributos para a literatura científica, argumentam que tal técnica é reprovada na consideração da incerteza e da adaptação estratégica a eventos futuros. Contudo, é a prática do método que negligencia tais considerações; em princípio, a análise dos *cash flows* actualizados pode ser dinâmica e incorporar incerteza, embora isso requeira trabalho adicional. É importante que as deficiências da abordagem tradicional dos *cash flows* não sejam simplesmente substituídas por uma aplicação deficiente de outras técnicas.

Cada método necessita de dados que são, por vezes, difíceis de estimar. Em cada caso, essas dificuldades têm origem na caracterização e na valorização do risco. Quer esta valorização seja explícita (como na análise dinâmica dos *cash flows* ou na análise de decisão), quer seja implícita (como na valorização das opções), nenhuma análise evita de todo o problema. Assim sendo, a escolha da técnica deve depender do contexto e deve ser orientada pelo método que melhor caracterize e valorize os riscos da decisão estratégica em questão.

(Página deixada propositadamente em branco)

BIBLIOGRAFIA

- [1] ABECASSIS, F., “*Análise Económica e Financeira de Projectos*”, 3ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1992.
- [2] Abel, A. B., BLANCHARD, O. J., “*The Present Value of Profits and Cyclical Movements in Investments*”, *Econometrica*, **54**(2), 1986, 249-273.
- [3] AGGARWAL, R., “*Justifying Investments in Flexible Manufacturing Technology: Adding Strategic Analysis to Capital Budgeting Under Uncertainty*” *Managerial Finance*, **17**, 1991, 77-88.
- [4] AGMON, T., “*Capital Budgeting and the Utilisation of Full Information: Performance Evaluation and the Exercise of Real Option*”, *Managerial Finance*, **17**(2), 1991, 42-50.
- [5] ANG, J. S., LEWELLEN, W. G., “*Risk Adjustment in Capital Investment Project Evaluations*”, *Financial Management*, **11**, 1982, 5-14.
- [6] ARCHER, S., H., CHOATE, M. G., RACETTE, G., “*Financial Management*”, 2ª ed., John Wiley, 1983.
- [7] ARDITTI, F. D., LEVY, H., “*The Weighted Average Cost of Capital as a Cut-off Rate: A Critical Analysis of the Classic Textbook Weighted Average*”, *Financial Management*, **6**, 1977, 24-34.
- [8] BALDWIN, C. Y., CLARK, K. B., “*Capabilities and Capital Investment: New Perspectives on Capital Budgeting*”, *Journal of Applied Corporate Finance*, **5**, 1992, 67-87.
- [9] BARROS, C. A., “*Decisões de Investimento e Financiamento de Projectos*”, 3ª ed., Sílabo, Lisboa, 1995.
- [10] BEAVES, R. G., “*The Case for a Generalised Net Present Value Formula*”, *The Engineering Economist*, 1993, 119-133.

- [11] BERGER, P., OFEK, E., SWARY, I., “*Investor Valuation of Abandonment Option*”, *Journal of Financial Economics*, **42**, 1996, 257-287.
- [12] BIERMAN, H., SMIDT, S., “*The Capital Budgeting Decision – Economic Analysis of Investment Projects*”, 8^a ed., Macmillan Publishing Company, N.Y., 1993.
- [13] BLACK, F., SCHOLES, M., “*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*”, *Journal of Political Economy*, **81**, 1973, 637-659.
- [14] BONESS, J., “*Une Note Pédagogique sur le Coût du Capital*”, in *Finances Modernes Théorie et Pratique*, Girault et Zisswiller, Dunod, Paris, 1973.
- [15] BOYLE, P. P., “*Options: A Monte Carlo Approach*”, *Journal of Financial Economics*, 1977, 323-338.
- [16] BRADLEY, M., JARREL, G. A., KIM, E. H., “*On the Existence of an Optimal Capital Structure: Theory and Evidence*”, *The Journal of Finance*, 1984, 857-880.
- [17] BREALEY, R., MYERS, S., “*Principles of Corporate Finance*”, McGraw-Hill, 3^a ed., N.Y., 1988.
- [18] BRENNAN, M., SCHWARTZ, E., “*A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments*”, *Midland Corporate Finance Journal*, **3**, 1985, 33-47.
- [19] BRIGHAM, E. F., “*Fundamentals of Financial Management*”, Dryden Press, 7^a ed., Orlando, 1995.
- [20] CABALLERO, R., PINDYCK, R., “*Uncertainty, Investment, and Industry Revolution*”, NBER working paper n° **4160**, 1992.
- [21] CARTER, E. E., “*The Behavioural Theory of the Firm and Top Level Corporate Decisions*”, *Administrative Science Quarterly*, **16**, 1971, 413-428.
- [22] CHANEY, P. K., “*Moral Hazard and Capital Budgeting*”, *Journal of Financial Research*, 1989, 113-128.
- [23] CHENG, C. S., KITE, D., RADTKE, R., “*The Applicability and Usage of NPV and IRR Capital Budgeting Techniques*”, *Managerial Finance*, 1994, 10-36.
- [24] CONSO, P., “*La gestion financière de l'entreprise*”, 5^a ed., Dunod, Paris, 1979.
- [25] DEPALLENS, G., “*Gestion financière de l'entreprise*”, 5^a ed., Sirey, Paris, 1974.

- [26] DIXIT, A. K., "Entry and Exit Decisions under Uncertainty", *Journal of Political Economy*, **97**(3), 1989, 620-638.
- [27] DIXIT, A. K., "Choosing Among Alternative Discrete Investment Projects Under Uncertainty", *Economic Letters*, **41**, 1993, 265-288.
- [28] DIXIT, A. K., PINDYCK, R., "Investment under Uncertainty", Princeton University Press, Princeton, N.J., 1994.
- [29] DIXIT, A. K., PINDYCK, R., "The Options Approach to Capital Investment", *Harvard Business Review*, 1995, 105-115.
- [30] DIXIT, A. K., PINDYCK, R., ABEL, A., EBERLY, J., "Options, the Value of Capital and Investment", *The Quarterly Journal of Economics*, 1996, 753-777.
- [31] DONALDSON, G., LORSCH, J., "Decision Making at the Top: The Shaping of Strategic Direction", Basic Books, 1983.
- [32] DRUCKER, P. F., "The Information Executive Truly Need", *Harvard Business Review*, **73**(1), 1995, 54-62.
- [33] DUDGALE, D., "Is there a 'Correct' Method of Investment Appraisal?", *Management Accounting-London*, 1991, 46-50.
- [34] DUDGALE, D., JONES, C., "Finance, Strategy and Trust in Investment Decision-making", *Management Accounting-London*, 1994, 52-56.
- [35] DUDLEY, C. L., "A Note on Reinvestment Assumptions in Choosing Between Net Present Value and Internal Rate of Return", *Journal of Finance*, 1972, 907-915.
- [36] FAMA, E. F., "Risk-Adjusted Discount Rates and Capital Budget under Uncertainty", *Journal of Financial Economics*, **5**, 1977, 3-24.
- [37] FERRI, M. G., JONES, W. H., "Determinants of Financial Structure: a New Methodological Approach", *The Journal of Finance*, 1979, 631-644.
- [38] FREMANN, M., HOBBS, G., "Capital Budgeting: Theory Vs Practice", *Australian Accountant*, **61**(8), 1991, 36-41.
- [39] GHERI, A., "Risk Adjusted Capital Budgeting Using Arbitrage", *Financial Management*, **10**(4), 1981, 14-19.

- [40] GITMAN, L. J., "*Principles of Managerial Finance*", Harper Collins College Publishers, 7^a ed., N.Y., 1995.
- [41] GREGORY, A., "*The Usefulness of Beta in the Investment-Appraisal Process*", *Management Accounting*, London, 1990, 42-43.
- [42] HAJDASINSKI, M. M., "*Remarks in the Context of 'The Case for a General Net Present Value Formula'*", *The Engineering Economist*, **40**(2), 1995, 201-210.
- [43] HAJDASINSKI, M. M., "*Technical Note: Adjusting the Modified Internal Rate of Return*", *The Engineering Economist*, **41**(2), 1996, 173-186.
- [44] HAMADA, R. S., "*Portfolio Analysis, Market Equilibrium and Corporation Finance*", *Journal of Finance*, **24**, 1969, 13-31.
- [45] HARRIS, M., RAVIV, A., "*The Theory of Capital Structure*", *Journal of Finance*, 1991, 297-355.
- [46] HARRIS, M., RAVIV, A., "*The Capital Budgeting Process: Incentives and Information*", *Journal of Finance*, **51**(4), 1996, 1139-1174.
- [47] HAYES, R. H., GARVIN, D., "*Managing as if Tomorrow Mattered*", *Harvard Business Review*, **60**(3), 1982, 71-79.
- [48] HERTZ, D., "*Risk Analysis in Capital Investment*", *Harvard Business Review*, **42**, 1964, 95-106.
- [49] HILLIER, F., "*The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments*", *Management Science*, **9**(3), 1964, 443-457.
- [50] HIRSCHLEIFER, J., "*On the Theory of Optimal Investment Decision*", *The Journal of Political Economy*, 1958, 329-352.
- [51] HORNGREN, C. T., SUNDEM, G. L., "*Introduction to Management Accounting*", 10^a ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1996.
- [52] INGERSOLL, J. E., ROSS, S. A., "*Waiting to Invest: Investment and Uncertainty*", *Journal of Business*, **65**(1), 1992, 11-29.
- [53] JENSEN, M., MECKLING, W., "*Theory of the Firm: Managerial Behaviour, Agency Costs and Ownership Structure*", *Journal of Financial Economics*, **3**, 1976, 305-360.

- [54] KEMNA, A. “*Case Studies on Real Options*”, *Financial Management*, **22**(3), 1993, 259-270.
- [55] KESTER, W. C., “*Today’s Options for Tomorrow’s Growth*”, *Harvard Business Review*, **62**, 1984, 153-160.
- [56] KINCHELOE, S. C., “*The Weighted Average Cost of Capital – The Correct Discount Rate*”, *Appraisal Journal*, 1990, 88-95.
- [57] KOGUT, B., “*Joint Ventures and the Real Options to Expand and Acquire*”, *Management Science*, **37**(1), 1991, 19-33.
- [58] KOGUT, B., KULATILAKA, N., “*Option Thinking and Platform Investments: Investing in Opportunity*”, *California Management Review*, **30**(2), 1994, 52-71.
- [59] KULATILAKA, N., MARCUS, D. R., “*Project Valuation under Uncertainty: When Does DFC Fail?*”, *Journal of Applied Corporate Finance*, **5**, 1992, 92-100.
- [60] KULATILAKA, N., TRIGEORGIS, L., “*The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited*”, *International Journal of Finance*, **6**, 1994, 778-798.
- [61] KWAN, C. Y., YEAN, Y., “*Optimal Sequential Selection in Capital Budgeting: A Shortcut*”, *Financial Management*, **17**, 1988, 54-59.
- [62] LAI, V. S., TRIGEORGIS, L., “*The Strategic Capital Budgeting Process: A Review of Theories and Practice*”, in *Real Options in Capital Investments: Models, Strategies and Applications*, Trigeorgis, L. (Ed), Praeger Publishers, Westport, 1995, 69-86.
- [63] LEVY, H., SARNAT, M., “*Capital Investments and Financial Decisions*”, 5^a ed. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1994.
- [64] LINTNER, J., “*The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolio and Capital Budgets*”, *Review of Economics and Statistics*, **47**, 1965, 13-37.
- [65] LISBOA, J. V., “*A sensibilidade dos instrumentos de análise de risco de um projecto: um caso prático*”, Working Paper, Instituto de Sistemas e Robótica, Fac. Economia, Coimbra, 1997.

- [66] MAGEE, J., "How to Use Decision Trees in Capital Investment", Harvard Business Review, 1964, 79-96.
- [67] MAGIERA, F., MCLEAN, R., "Strategic Options in Capital Budgeting and Program Selection under Fee-For-Service and Managed Care", Health Care Manage Review, **21**(4), 1996, 7-17.
- [68] MAJD, S., PINDYCK, R., "Time to Build, Option Value and Investment Decisions", Rand Journal of Economics, **20**(3), 1991, 331-343.
- [69] Mason, S. P. Merton, R. C., "The Role of Contingent Claims Analysis in Corporate Finance", in Recent Advances in Corporate Finance, Altman, E. I., Subrahmanyam, M. G., (Ed), Homewood Irwin, 1985, 7-54.
- [70] MCCONELL, J., MUSCARELLA, C. J., "Corporate Capital Expenditure Decisions and the Market Value of the Firm", Journal of Financial Economics, **14**, 1985, 399-422.
- [71] McDONALD, R., SIEGEL, D., "Investment and the Valuation of Firms when there is an Option to Shut Down", International Economic Review, **26**, 1985, 331-349.
- [72] MERTON, R. C., "An Intemporal Capital Asset Pricing Model", Econometrica, **41**(5), 1973, 867-887.
- [73] MEYER, R. L., BESLEY, S., LONGSTREET, J. R., "An Examination of Capital Budgeting Decisions Alternatives for Mutually Exclusive Investments with Unequal Lives", Journal of Business Finance and Accounting, 1988, 415-425.
- [74] MINTZBERG, H., "The Rise and Fall of Strategic Planning", Prentice-Hall, N.Y., 1994.
- [75] MODIGLIANI, F., MILLER, M. H., "The Cost of Capital, Corporate Finance and the Theory of Investment", American Economic Review, **48**(3), 1958, 261-297.
- [76] MYERS, S. C., "Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions – Implications for Capital Budgeting", Journal of Finance, 1974, 1-25.
- [77] MYERS, S. C., "The Capital Structure Puzzle", Journal of Finance, 1984, 575-591.
- [78] MYERS, S. C., "Finance Theory and Finance Strategy", Midland Corporate Finance Journal, **5**(1), 1987, 6-13.

- [79] MYERS, S. C., “*Still Searching for Optimal Capital Structure*”, Journal of Applied Corporate Finance, Continent Bank, 1992, 4-14.
- [80] MYERS, S. C., TURNBULL, S., “*Capital Budgeting and the Capital Asset Pricing Model: Good News and Bad News*”, Journal of Finance, **32**(2), 1977.
- [81] MYERS, S. C., MAJD, S., “*Abandonment Value and Project Life*”, Advances in Futures and Options Research, **4**, 1990, 1-21.
- [82] PEARSON, G., “*The Strategic Discount – Protecting New Business Projects against DCF*”, Long Range Planning, **19**(1), 1986, 18-24.
- [83] PETERAF, M. A., “*The Cornerstones of Competitive Advantage*”, Strategic Management Journal, **14**, 1993, 179-191.
- [84] PEUMANS, H., “*Teoria e Prática dos Cálculos de Investimento*”, Rés-Editora, Porto, 1981.
- [85] PIKE, R., “*An Empirical Study of the Adoption of Sophisticated Capital Budgeting Practices and Decision-Making Effectiveness*”, Accounting and Business Review, **18**(12), 1988, 341-351.
- [86] PIKE, R., “*A Longitudinal Survey on Capital Budgeting Practices*”, Journal of Business Finance and Accounting, 1996, 79-82.
- [87] PINDYCK, R., “*Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm*”, American Economic Review, **78**(5), 1988, 969-985.
- [88] PINDYCK, R., “*Irreversibility, Uncertainty and Investment*”, Journal of Economic Literature, **29**(3), 1991, 1110-1148.
- [89] PINDYCK, R., “*Investments of Uncertain Cost*”, Journal of Financial Economics, **34**, 1993, 53-76.
- [90] PINDYCK, R., SOLIMANO, A., “*Economic Instability and Aggregate Investment*”, NBER working paper n° **4380**, 1993.
- [91] PORTERFIELD, J. T., “*Decisões de Investimento e Custo de Capital*”, Atlas, São Paulo 1976.
- [92] RAPPAPORT, A., “*The Discounted Payback Period*”, Management Services, 1965, 30-36.

- [93] ROBERTS, K., WEITZMAN, M., “*Funding Criteria for Research, Development and Exploration Projects*”, *Econometrica*, **49**, 1981, 1261-1288.
- [94] ROBICHEK, A., McDONALD, J., “*Le Concept de Coût du Capital: de son Bon ou Mauvais Usage*”, in *Finances Modernes Théorie et Pratique*, Girault et Zisswiller, Dunod, Paris, 1973.
- [95] ROBICHEK, A., VAN HORNE, J. C., “*Abandonment Value and Capital Budgeting*”, *Journal of Finance*, 1967, 577-590.
- [96] ROLL, R., “*An Analytic Valuation Formula for Unprotected American Call Options on Stocks with Knotun Dividends*”, *Journal of Financial Economics*, **5**, 1977, 251-258.
- [97] ROSS, S. A., “*The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*”, *Journal of Economic Theory*, **13**, 1976, 341-360.
- [98] ROSS, S. A., “*Uses, Abuses and Alternatives to the Net Present Value Rule*”, *Financial Management*, **24**(3), 1995, 90-102.
- [99] ROULAC, S. E., “*The Demise of the IRR?*”, *Real Estate Finance*, **9**(4), 1993, 11-18.
- [100] SANGSTER, A., “*Capital Investment Appraisal Techniques: A Surrey of Current Usage*”, *Journal of Business Finance and Accounting*, 1993, 307-332.
- [101] SCARLETT, R. C., “*The Impact of Corporate Taxation on the Viability of Investment*”, *Management Accounting-London*, 1993, 30.
- [102] SHARPE, W., “*Capital Asset Prices: a Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk*”, *Journal of Finance*, **19**, 1964, 425-42.
- [103] SHARPE, W., ALEXANDER, G. J., “*Investments*”, 4^a ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1990.
- [104] SHULL, D. M., “*Efficient Capital Project Selection Through a Yield-based Capital Budgeting Technique*”, *The Engineering Economist*, 1992, 1-18.
- [105] SMIT, H. T., ANKUM, L. A., “*A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition*”, *Financial Management*, **22**(3), 1993, 241-250.

- [106] SMITH, J. E., NAU, R. F., “ *Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis*”, *Management Science*, **41**(5), 1995, 795-816.
- [107] SOARES, M. I., “*Algumas considerações de irreversibilidade e de diferimento de investimentos produtivos*”, *Notas Económicas*, **7**, 1996, 90-98.
- [108] SUAREZ SUAREZ, A. S., “*Decisiones óptimas de reversión y financiación en la empresa*”, 8ª ed., Pirâmide, Madrid, 1991.
- [109] TEISBERG, E., “*Methods for Evaluating Capital Investment Decisions under Uncertainty*”, in *Real Options in Capital Investments*, Trigeorgis, L., (Ed.), Praeger Publishers, Westport, 1995.
- [110] TOBIN, J., “*Liquidity Preference an Behariour towards Risk*”, *Review of Economic Studies*, **25**, 1958, 65-86.
- [111] TRIGEORGIS, L., “*A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting*”, *Advances in Futures and Options Research*, **3**, 1988, 145-167.
- [112] TRIGEORGIS, L., “*Real Options and Interactions with Financial Flexibility*”, *Financial Management*, 1993, 202-224.
- [113] TRIGEORGIS, L., “*The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options*”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **28**(1), 1993, 1-20.
- [114] TRIGEORGIS, L., “*Real Options: An Overview*”, in *Real Options in Capital Investments*, Trigeorgis, L., (Ed.), Praeger Publishers, Westport, 1995.
- [115] TRIGEORGIS, L., “*Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*”, The MIT Press, Massachusetts, 1996.
- [116] TRIGEORGIS, L., MASON, P. S., “*Valuing Managerial Flexibility*”, *Midland Corporate Finance Journal*, 1987, 14-21.
- [117] VAN HORNE, J. C., “*Financial Management and Policy*”, 10ª ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1995.
- [118] WARD, K., “*Corporate Financial Strategy*”, 4ª ed., Butterworth-Heineman, Oxford, 1997.

- [119] WARDLOW, A., "*Investment Appraisal Criteria and the Impact of Low Inflation*", Bank of England Quarterly Bulletin, 1994, 2540-2548.
- [120] WEBB, D. C., "*The Trade-off Between Cash-flow and Net Present Value*", Scandinavian Journal of Economics, **95**(1), 1993, 65-75.
- [121] WESTON, J. F., COPELAND, T. E., "*Managerial Finance*", 9^a ed., Dryden Press, Orlando, 1992.
- [122] WOODS, J. C., RANDALL, M. R., "*The Net Present Value of Future Opportunities; Its Impact on Shareholder Wealth and Implications for Capital Budgeting Theory*", Financial Management, 1989, 85-92.

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

DCF	<i>Discounted Cash Flow.</i>
VAL	Valor Líquido Actualizado.
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade.
FIFO	<i>First In First Out.</i>
LIFO	<i>Last In First Out.</i>
PR	Período de Recuperação (<i>Payback Period</i>).
PRA	Período de Recuperação Actualizado.
IR	Índice de Rendibilidade.
MM	Modigliani & Miller.
EPS	<i>Earnings Per Share.</i>
MEAF	Modelo de Equilíbrio dos Activos Financeiros.
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model.</i>
CMPC	Custo Médio Ponderado do Capital.
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital.</i>
VALA	Valor Actualizado Líquido Ajustado.
VAL(AL)	Valor Actualizado Líquido de Arditti-Levy.
ICAPM	<i>Intemporal CAPM.</i>
APT	<i>Arbitrage Pricing Theory.</i>
CBOE	<i>Chicago Board Options Exchange.</i>

Patrícia Pereira da Silva
Faculdade de Economia de Coimbra