

OPÇÕES REAIS E INTERAÇÕES COM A FLEXIBILIDADE FINANCEIRA

RESUMO

Este estudo tem dois objetivos principais. Primeiro, fornece um panorama abrangente da literatura e das aplicações existentes em opções reais, apresentando princípios práticos para a quantificação do valor das opções reais. Segundo, dá um primeiro passo para ampliar a literatura sobre opções reais para que ela reconheça interações com a flexibilidade financeira. A revisão da literatura acompanha a evolução da revolução das opções reais com base em desdobramentos temáticos que tratam das críticas iniciais, das abordagens conceituais, das bases e blocos componentes, da valoração neutra em relação ao risco e do ajuste ao risco, das contribuições analíticas da valoração de diferentes opções separadamente, das interações entre opções, das técnicas numéricas, das opções competitivas e estratégicas, das diversas aplicações e da direção da pesquisa no futuro.

Lenos Trigeorgis
University of Cyprus

ABSTRACT This paper has two main goals. First, it provides a comprehensive overview of the existing real options literature and applications, and presents practical principles for quantifying the value of various real options. Second, it takes a first step towards extending the real options literature to recognize interactions with financial flexibility. The comprehensive literature review traces the evolution of the real options revolution, organized around thematic developments covering the early criticisms, conceptual approaches, foundations and building blocks, risk-neutral valuation and risk adjustment, analytic contributions in valuing different options separately, option interactions, numerical techniques, competition and strategic options, various applications, and future research directions.

PALAVRAS-CHAVE Opções reais, valoração de opções reais, flexibilidade financeira, valor presente líquido, fluxo de caixa descontado.

KEYWORDS Real options, real option valuation, financial flexibility, net present value, discounted cash-flow.

INTRODUÇÃO

Muitos acadêmicos e gestores reconhecem hoje que o uso do valor presente líquido (VPL) e de outras abordagens de fluxo de caixa descontado (FCD) para a elaboração do orçamento de capital é inadequado por não serem elas capazes de captar corretamente a flexibilidade da administração para adaptar e rever decisões posteriores em resposta a desdobramentos inesperados do mercado. O VPL tradicional parte de premissas implícitas quanto a um “cenário esperado” de fluxos de caixa e presume um comprometimento passivo da administração com uma determinada “estratégia operacional” (por exemplo, iniciar imediatamente o projeto, tocá-lo continuamente à escala-base até o fim de sua vida útil esperada previamente especificada).

No mercado real, caracterizado por mudanças, incerteza e interações competitivas, contudo, a realização dos fluxos de caixa provavelmente irá diferir das expectativas iniciais da administração. Com a entrada de novas informações e a gradual resolução da incerteza quanto às condições do mercado e aos fluxos de caixa futuros, a administração pode gozar de uma valiosa flexibilidade para alterar sua estratégia operacional e capitalizar oportunidades futuras favoráveis, ou atenuar perdas. Por exemplo, a administração pode ser capaz de diferir, expandir, contrair, abandonar ou alterar um projeto em diferentes estágios de sua vida operacional útil.

A flexibilidade da administração para adaptar suas ações futuras em resposta a alterações das condições de mercado futuras expande o valor de oportunidade de um investimento ao aprimorar seu potencial de *upside*, ao mesmo tempo em que limita as perdas de *downside* em relação às expectativas iniciais da administração, baseadas em uma gestão passiva. A assimetria resultante, causada pela adaptabilidade gerencial, exige uma regra de “VPL ampliado” que reflita os dois componentes do valor: o VPL tradicional (estático ou passivo) dos fluxos de caixa diretos, e o valor da adaptabilidade operacional e estratégica enquanto opção. Isso não quer dizer que o VPL tradicional deva ser descartado, mas, sim, que deve ser visto como um insumo crucial e necessário para uma análise baseada em opções do VPL ampliado, ou seja,

$$\text{VPL Expandido (estratégico)} = \text{VPL Estático (passivo)} \text{ dos fluxos de caixa esperados} + \text{valor das opções resultantes da gestão ativa} \quad (1)$$

Uma abordagem por opções ao orçamento de capital traz, em si, o potencial para conceituar e até mesmo

quantificar o valor das opções da gestão ativa. Esse valor se manifesta como um conjunto de opções reais (*call* ou *put*) embutidas nas oportunidades de investimento de capital, tendo como ativo-objeto o valor projetado bruto dos fluxos de caixa operacionais esperados. Muitas dessas opções reais se dão naturalmente (como as opções de diferir, contrair, suspender ou abandonar), enquanto outras podem ser planejadas e embutidas com determinado custo adicional (como as opções de expandir a capacidade ou promover o crescimento, a de inadimplir quando o investimento se dá por etapas, ou a de alternar entre insumos e produtos possíveis). O Quadro 1 descreve, sucintamente, as categorias mais comuns de opções reais e os tipos de setores em que são importantes, além de listar os autores que as analisaram.¹ Uma revisão mais abrangente da literatura sobre opções reais consta da primeira seção.

Este estudo tem dois objetivos principais. Primeiro, fornece um panorama abrangente da literatura e das aplicações existentes em opções reais, apresentando princípios práticos para a quantificação do valor das opções reais. Segundo, dá um primeiro passo para ampliar a literatura sobre opções reais para que ela reconheça interações com a flexibilidade financeira. A revisão da literatura acompanha a evolução da revolução das opções reais com base em desdobramentos temáticos que tratam das críticas iniciais, das abordagens conceituais, das bases e blocos componentes, da valoração neutra em relação ao risco e do ajuste ao risco, das contribuições analíticas da valoração de diferentes opções separadamente, das interações entre opções, das técnicas numéricas, das opções competitivas e estratégicas, das diversas aplicações e da direção da pesquisa no futuro.

Usamos, então, um exemplo para discutir conceitualmente a natureza essencial das diversas opções que podem estar embutidas em investimentos de capital. Admitindo, inicialmente, um financiamento inteiramente patrimonial, o estudo apresenta princípios úteis para a valoração tanto das opções operacionais com potencial para *upside*, como o adiamento de um investimento ou a expansão da produção, quanto das diversas opções de proteção contra *downside*, como o abandono pelo valor residual, a mudança de uso (insumos/produtos) e o abandono da construção de projeto por meio da não realização de desembolsos de etapas futuras planejadas.

Partindo dos princípios acima, o estudo amplia a análise na presença de alavancagem financeira num contexto de capital de risco e examina os ganhos de valor, para o acionista, decorrentes da maior flexibilidade financeira, observando interações em potencial com a flexibilidade

operacional. Também serão explorados tanto o impacto benéfico da organização do financiamento por capital de risco em etapas (criando, assim, uma opção de abandonar para o credor, além de uma opção de reavaliação futura sob melhores condições para as duas partes) como outras questões relacionadas ao *mix* de dívida e patrimônio líquido no financiamento.

O estudo está organizado da seguinte maneira. Após a revisão abrangente da literatura oferecida na primeira seção, a seguir, a segunda seção usa um exemplo para motivar a discussão de diversas opções reais e apresenta princípios práticos de valoração dessas opções. A terceira seção ilustra como a valoração das opções pode ser ampliada para captar as interações com a flexibilidade financeira. A seção final apresenta uma conclusão e discute algumas ramificações.

REVISÃO DA LITERATURA SOBRE OPÇÕES REAIS

A variação de valor e o posicionamento em diferentes mercados são criticamente determinados pela alocação de recursos corporativos e pela avaliação de oportunidades de investimento. O campo do orçamento de capital permaneceu estagnado por várias décadas, até que recentes desdobramentos na área das opções reais forneceram ferramentas e revelaram possibilidades de revolucionar o campo. Na parte a seguir, procuro descrever, sucintamente, algumas etapas do desenvolvimento e da evolução da literatura sobre

opções reais, enquanto organizo a apresentação em torno de diversos tópicos amplos. Não é uma tarefa fácil, e peço desculpas aos autores mencionados e aos leitores que considerem meu tratamento algo subjetivo e não exaustivo.

Sintomas, diagnósticos e medicina tradicional: primeiros críticos, o problema do subinvestimento e paradigmas alternativos de avaliação

A revolução das opções reais surgiu, em parte, em resposta à insatisfação dos profissionais corporativos, dos estrategistas e de alguns acadêmicos com as técnicas tradicionais de elaboração do orçamento de capital. Bem antes do desenvolvimento das opções reais, gestores e estrategistas corporativos atracavam-se intuitivamente com os fugidios elementos da flexibilidade operacional administrativa e com as interações estratégicas. Críticos pioneiros (como Dean, 1951; Hayes e Abemathy, 19X0; e Hayes e Garvin, 1982) reconheceram que os critérios de fluxo de caixa descontado (FCD) muitas vezes subestimavam oportunidades de investimento, levando a decisões míopes, subinvestimento e uma eventual perda de posição competitiva, seja porque ignorassem importantes considerações estratégicas, seja por não as valorarem corretamente.

Os cientistas da tomada de decisões sustentavam, ainda, que o problema estava na aplicação de técnicas de avaliação incorretas, propondo, em seu lugar, o uso de análise por simulação e por árvore de decisões (ver Hertz, 1964; e Magee, 1964) para captar o valor da flexibilidade operacional futura associado a muitos projetos.

Quadro 1 – Opções reais comuns.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	IMPORTANTE EM	ANALISADAS POR
Opção de adiamento	A administração tem uma concessão (ou uma opção de compra) sobre terrenos ou recursos valiosos. Pode esperar (x anos) para ver se os preços dos produtos justificam a construção de um edifício ou de uma planta ou o desenvolvimento de um campo.	Todos os setores extratores de recursos naturais; empreendimentos imobiliários; agropecuária; produtos de papel.	Tourinho (1979); Titman (1985); McDonald e Siegel (1986); Paddock, Siegel & Smith (1988); Ingersoll & Ross (1992).
Opção de tempo de construção (investimento escalonado)	Escalonar o investimento como uma série de desembolsos cria a opção de abandonar o empreendimento no meio do caminho se houver novas informações desfavoráveis. Cada etapa pode ser vista como uma opção sobre o valor das etapas subsequentes e valorada como uma opção composta.	Todos os setores intensos em P&D, especialmente farmacêuticos; projetos intensivos em capital de longo prazo de desenvolvimento, como construções de grande porte ou usinas de geração de energia; empreendimentos <i>start-up</i> .	Majd & Pndyck (1987); Carr (1988); Trigeorgis (1993).

Quadro 1: continuação...

Opção de alterar a escala operacional (como de expandir, de interromper e de reiniciar as atividades)	Se as condições do mercado forem mais favoráveis do que as esperadas, a empresa pode expandir a escala de produção ou acelerar a utilização de recursos. Da mesma forma, se as condições forem menos favoráveis do que se esperava, pode reduzir a escala de operações. Em casos extremos, a produção pode ser temporariamente interrompida e depois reiniciada.	Setores de recursos naturais como mineração; planejamento e construção de instalações em setores cíclicos; vestuário e moda; bens de consumo; imóveis comerciais.	Brennan & Pindyck (1985); McDonald & Siegel (1985); Trigeorgis & Mason (1987); Pindyck (1988).
Opção de abandono	Se as condições do mercado piorarem muito, os gestores podem abandonar permanentemente as operações e realizar o valor de revenda dos bens de capital e outros ativos nos mercados secundários.	Setores intensivos em capital, como transportes aéreos e ferrovias; serviços financeiros; introdução de novos produtos em mercados incertos.	Myers & Majd (1990).
Opção de alternância (como produtos ou insumos)	Se houver alteração de preços ou da demanda, os gestores podem alterar o <i>mix</i> de produtos da instalação (flexibilidade de "produto"). Alternativamente, os mesmos produtos podem ser produzidos com diferentes tipos de insumo (flexibilidade de "processo").	<i>Deslocamentos de produto</i> : qualquer bem, obtido em pequenos lotes ou sujeito a demanda volátil, como eletroeletrônico; brinquedos, papéis especiais; peças de maquinário; automóveis. <i>Deslocamentos de insumo</i> : todas as instalações de insumos básicos, como petróleo; energia elétrica; produtos químicos; rotatividade de culturas; compras.	Margrabe (1978); Kensinger (1987); Kulatilaka (1988); Kulatilaka & Trigeorgis (1993).
Opções de crescimento	Um investimento precoce (em P&D, concessão de terreno ocioso ou reservas petrolíferas inexploradas, aquisição estratégica, rede/infra-estrutura de informações) é pré-requisito ou elo numa cadeia de projetos inter-relacionados, abrindo caminho para oportunidades de crescimento futuras (como novas gerações de produtos ou processos, reservas petrolíferas, acesso a um novo mercado, reforço de capacidades "core"). Assemelham-se a opções compostas interprojetos.	Todos os setores infra-estruturais ou estratégicos, especialmente alta tecnologia, P&D, ou setores com múltiplas gerações ou aplicações de produtos (como computadores, fármacos); operações multinacionais; aquisições estratégicas.	Myers (1977); Brealey & Myers (1991); Kester (1984); (1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung & Charoenwong (1991).
Múltiplas opções em interação	Projetos da vida real muitas vezes envolvem um "conjunto" de opções, tanto <i>calls</i> de potencial ascendente quanto <i>puts</i> de potencial descendente, presentes em combinação. Seu valor combinado como opção pode diferir da soma dos valores das opções em separado, ou seja, elas podem interagir. Também podem interagir com opções de flexibilidade financeira.	Projetos na vida real da maioria dos setores acima discutidos.	Brennan & Schwartz (1985); Trigeorgis (1993); Kulatilaka (1993).

Alguns proponentes (como Hodder e Riggs, 1985; e Hodder, 1986) argumentaram que o problema, na prática, decorre do mau uso das técnicas de FCD. Myers (1987), embora confirmando que parte do problema é resultado da má aplicação da teoria subjacente, reconhece que os métodos tradicionais de FCD são inerentemente limitados para avaliar investimentos com opções operacionais ou estratégicas significativas, como a captação da interdependência seqüencial entre investimentos ao longo do tempo. Sugere então que a precificação das opções é o que há de mais promissor para a sua avaliação.

Mais tarde, Trigeorgis e Mason (1987) explicaram que a avaliação de opções pode ser operacionalmente encarada como uma versão especial e economicamente corrigida da análise por árvore de decisões, que é mais adequada para a avaliação de diversas opções operacionais e estratégicas. Já Teisberg (1993) fornece uma discussão prática comparada dos paradigmas de FCD, da análise decisória e da valoração por opções reais. Baldwin e Clark (1992) discutem a importância da capacidade organizacional no investimento estratégico de capital, ao passo que Baldwin e Trigeorgis (1993) propõem remediar o problema do subinvestimento e restaurar a competitividade por meio do desenvolvimento de capacidades específicas de adaptação vistas como uma infra-estrutura para a aquisição e a gestão das opções reais.

Uma nova rota: abordagens conceituais por opções reais

Partindo da idéia seminal de Myers (1977) de considerar oportunidades discricionárias de investimento como “opções de crescimento”, Kester (1984) discute, conceitualmente, os aspectos estratégicos e competitivos das oportunidades de crescimento. Outros arcabouços genéricos e conceituais sobre opções reais são apresentados em Mason e Merton (1985), Trigeorgis e Mason (1987), Trigeorgis (1988), Brealey e Myers (1991) e Kulatilaka e Marcus (1988; 1992). Mason e Merton (1985), por exemplo, fornecem uma boa discussão sobre muitas opções operacionais e de financiamento, integrando-as no *project financing* de um hipotético projeto de geração de energia de grande porte.

Medicamentos genéricos: bases e elementos de construção

As origens quantitativas das opções reais derivam do trabalho seminal de Black e Scholes (1973) e de Merton (1973) sobre a precificação de opções financeiras. A abordagem binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) permitiu uma avaliação mais simplificada das opções em tempo discreto.

Margrabe (1978) avalia uma opção para trocar um ativo de risco por outro, enquanto Stulz (1982) analisa opções sobre o máximo (mínimo) dentre dois ativos de risco, e Johnson (1987) amplia a análise para abranger diversos ativos de risco.

Esses estudos podem ajudar a analisar a opção genérica de alternar entre usos possíveis e outras, correlatas (exemplo: abandonar em troca do valor residual ou alternar entre insumos ou produtos possíveis). Geske (1979) avalia uma opção composta (ou seja, uma opção de adquirir outra opção), que, em tese, pode se aplicar à avaliação de oportunidades de crescimento que somente passam a ser disponíveis se forem realizados investimentos anteriores. Carr (1988) combina os dois elementos construtivos anteriores para avaliar opções de troca seqüenciais (compostas), envolvendo uma opção de aquisição de uma opção subsequente de troca do ativo-objeto por uma alternativa de risco. Kulatilaka (1988; 1993) descreve uma formulação de programação dinâmica equivalente para a opção de alternar entre modos de operação. Essa linha de trabalhos traz consigo o potencial de, em tese, avaliar investimentos com uma série de desembolsos que possam ser alternados entre estados variados de operação e, em particular, ajudar a avaliar as dependências estratégicas entre projetos.

Um remédio um pouco diferente: avaliação neutra quanto ao risco e ajuste ao risco

A efetiva avaliação de opções na prática foi enormemente facilitada pelo reconhecimento, por parte de Cox e Ross (1976), do fato de que uma opção pode ser replicada (ou uma “opção sintética” pode ser criada) com base numa carteira equivalente de títulos negociados. Por ser independente de atitudes em relação ao risco ou de considerações relativas ao equilíbrio do mercado de capitais, a avaliação neutra quanto ao risco permite o desconto pelo valor presente e pela taxa de juros livre de risco dos resultados futuros esperados. As probabilidades reais são substituídas por outras, neutras quanto ao risco, que é uma característica fundamental dos sistemas de preço “livres de arbitragem” que envolvem os títulos negociados.

Rubinstein (1976) demonstrou, ademais, que as fórmulas padrão de precificação de opções podem ser derivadas, alternativamente, sob condições de aversão ao risco, e que a existência de oportunidades contínuas de negociação que permitem um *hedge* sem risco ou a neutralidade em relação ao risco não são realmente necessárias. Mason e Merton (1985) e Kananen e Trigeorgis (1993) sustentam que as opções reais podem, em tese, ser avaliadas de forma semelhante à usada para opções financeiras, ainda que

não sejam negociadas. Porque no orçamento de capital o que nos interessa é determinar quais seriam os fluxos de caixa do projeto se fossem negociados no mercado, ou seja, qual a sua contribuição para o valor de *mercado* de uma companhia aberta.

A existência, em mercados completos, de um “título gêmeo” (ou uma carteira dinâmica) negociado que apresente as mesmas características que o ativo real não negociado (estando perfeitamente correlacionado com ele), é suficiente para a avaliação de opções reais. Em termos mais genéricos, Constantinides (1978), Cox, Ingersoll e Ross (1985) e Harrison e Kreps (1979), entre outros, sugeriram que qualquer direito contingencial sobre qualquer ativo, negociado ou não, pode ser precificado num mundo em que haja risco sistemático, por meio da substituição de sua taxa efetiva de crescimento por uma taxa equivalente certa, desde que pelo risco se subtraia um ágio apropriado ao equilíbrio do mercado, como se não existisse risco. Isso é análogo a descontar fluxos de caixa equivalentes certos à taxa livre de risco, em vez de descontar os fluxos de caixa esperados efetivos a uma taxa ajustada pelo risco.

Para ativos negociados no equilíbrio e para aqueles livres de risco sistemático (ou seja, P&D, prospecção ou perfuração de determinados metais preciosos ou recursos naturais), a taxa certa equivalente ou neutra quanto ao risco é simplesmente igual à taxa livre de risco (menos quaisquer dividendos). Contudo, se o ativo subjacente não for negociado, como freqüentemente ocorre nas opções associadas ao orçamento de capital), sua taxa de crescimento pode ser inferior ao retorno esperado total em equilíbrio de um título negociado de risco equivalente, sendo que a diferença, ou “déficit de taxa de retorno”, exigirá um ajuste semelhante ao dos dividendos na valoração de opções (ver exemplo em McDonald e Siegel, 1984; 1985).

Porém, se o ativo-objeto for negociado em mercados futuros, esse déficit de retorno ou taxa de renúncia ao lucro, assemelhado ao dividendo (ou a rendimento de conveniência), pode ser facilmente derivado dos preços futuros dos contratos com diferentes vencimentos (ver Brennan e Schwartz, 1985). Em outros casos, contudo, estimar esse déficit de retorno pode exigir que se use um modelo de equilíbrio do mercado (ver exemplo em McDonald e Siegel, 1985).

Uma pílula para cada caso: avaliar separadamente cada opção real

Houve uma série de estudos que impulsionaram a literatura sobre opções reais concentrando-se na valoração

quantitativa – derivando com freqüência soluções fechadas – de um tipo ou outro de opções reais, embora cada opção fosse tipicamente analisada isoladamente. Como vemos de forma resumida no Quadro 1, a opção de diferir ou iniciar o investimento foi examinada por McDonald e Siegel (1986), e por Paddock, Siegel e Smith (1988), na avaliação de *leasings* de plataformas petrolíferas; e por Tourinho (1979) na avaliação de recursos naturais. Ingersoll e Ross (1992) reconsideraram a decisão de esperar à luz do impacto benéfico sobre o valor do projeto de uma queda em potencial da taxa de juros futura. Majd e Pindyck (1987) avaliam a opção de postergar a construção seqüenciada de projetos que levam tempo para construir, ou para os quais há uma taxa máxima a que o investimento pode prosseguir. Carr (1988) e Trigeorgis (1993) também trataram da avaliação de investimentos seqüenciais ou em estágios (compostos). Trigeorgis e Mason (1987) e Pindyck (1988) examinam as opções de alterar (ou seja, expandir ou contrair) a escala operacional ou a capacidade.

A opção de interromper temporariamente e retomar as operações foi analisada por McDonald e Siegel (1985) e por Brennan e Schwartz (1985). Myers e Majd (1990) analisam a opção de abandonar permanentemente um projeto em troca de seu valor residual considerado como uma opção de venda americana (*American put option*). As opções de alternar o uso (ou seja, resultados ou insumos) foram examinadas por Margrabe (1978), Kensinger (1987), Kulatilaka (1988) e Kulatilaka e Trigeorgis (1993), entre outros. Baldwin e Ruback (1986) demonstram que a incerteza quanto ao preço futuro cria uma valiosa opção de alternar que beneficia projetos de vida curta. Oportunidades de investimento futuras vistas como opções de crescimento corporativo são discutidas em Myers (1977), Brealey e Myers (1991), Kester (1984 e 1993), Trigeorgis e Mason (1987), Trigeorgis (1988), Pindyck (1988) e Chung e Charoenwong (1991).

Interação medicamentosa: opções múltiplas e interdependências

Apesar de sua enorme contribuição teórica, o foco da literatura anterior sobre avaliação de opções reais individuais (ou seja, um tipo de opção por vez) ainda assim limitou seu valor prático. Os projetos da vida real são freqüentemente mais complexos no sentido de que envolvem uma variedade de opções reais cujos valores podem interagir. Uma exceção precoce é Brennan e Schwartz (1985), que determinam o valor combinado das opções de suspender (e reiniciar) uma mina e de abandoná-la pelo valor resi-

dual. Eles reconhecem que a irreversibilidade parcial que resulta do custo de alteração do estado operacional da mina pode criar um efeito de persistência, inércia ou histerese, fazendo com que seja ótimo, a longo prazo, permanecer no mesmo estado operacional, muito embora considerações de curto prazo (ou seja, os fluxos de caixa correntes) possam parecer favorecer uma alternância imediata.

Embora a histerese possa ser vista como uma forma de interação entre decisões anteriores e posteriores, Brennan e Schwartz não abordam explicitamente as interações entre os valores das opções individuais. Trigeorgis (1993) concentra-se na natureza das interações entre opções reais, observando, por exemplo, que a presença de opções subsequentes pode aumentar o valor do ativo-objeto efetivo das opções anteriores, enquanto o exercício de opções reais anteriores (como as de expandir ou contrair) pode alterar o ativo-objeto em si e, portanto, o valor das opções subsequentes. Assim, o valor combinado de um conjunto de opções reais pode diferir da soma dos valores de cada uma das opções.

Usando um método de análise numérica adequado à avaliação de investimentos complexos com múltiplas opções (Trigeorgis, 1991), ele apresenta a avaliação das opções de diferir, abandonar, contrair ou expandir o investimento, e de alternar o uso no contexto de um investimento genérico, primeiro com cada opção individualmente e, depois, combinadas. Ele demonstra, por exemplo, que o valor incremental de uma opção adicional, na presença de outras opções, costuma ser menor do que o seu valor em isolamento, e que esse valor cai com o aumento do número de opções presentes. Em termos mais gerais, identifica situações em que as interações entre opções podem ser pequenas ou grandes, tanto negativas como positivas. Kulatilaka (1993) examina posteriormente o impacto das interações entre três opções desse tipo sobre seus cronogramas ótimos de exercício. O recente reconhecimento da interdependência entre opções reais deve permitir uma transição mais suave de um estado teórico para outro de aplicação.

O remédio amargo: técnicas numéricas

Nas situações mais complexas com opções encontradas na vida real, como as que envolvem múltiplas opções reais em interação, pode não haver soluções analíticas, e pode até ser impossível escrever o conjunto de equações diferenciais parciais que descreve os processos estocásticos subjacentes. A capacidade de avaliar situações tão complexas aumentou, contudo, com diversas técnicas de análise numérica que se aproveitam da avaliação neutra quanto ao risco.

De modo geral, há dois tipos de técnica numérica para avaliação de opções: (I) as que aproximam diretamente os processos estocásticos subjacentes, normalmente mais intuitivas; e (II) as que aproximam as equações diferenciais parciais resultantes. A primeira categoria inclui a simulação Monte Carlo, usada por Boyle (1977), e várias abordagens em treliça, como o método padrão de treliça binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) e o método binomial de transformação logarítmica de Trigeorgis (1991); estas últimas são especialmente adequadas à avaliação de projetos complexos com múltiplas opções reais embutidas, uma série de desembolsos de investimento, efeitos assemelhados a dividendos e interações entre opções. Boyle (1988) demonstra como os métodos em treliça podem ser ampliados para lidar com variáveis de duplo estado, enquanto Hull e White (1988) sugerem uma técnica de controle variado para melhorar a eficiência de cálculo quando está disponível um ativo derivado semelhante para o qual haja solução analítica. Entre os exemplos da segunda categoria se incluem a integração numérica e esquemas implícitos ou explícitos de diferença finita, como os usados por Brennan (1979), Brennan e Schwartz (1978) e Majd e Pindyck (1987).

Finalmente, também estão disponíveis diversas aproximações analíticas: Geske e Johnson (1984) propuseram uma abordagem de aproximação polinomial analítica para opções compostas; Barone-Adesi e Whaley (1987) sugeriram uma aproximação quadrática, enquanto outros usaram várias aproximações heurísticas específicas para os problemas abordados. Uma revisão abrangente dessas técnicas numéricas pode ser encontrada nos artigos de Geske e Shastri (1985) e Trigeorgis (1991), além de um livro de Hull (1989).

O ambiente geral: competição e opções estratégicas

Uma área importante e merecedora de maior atenção, onde as opções reais podem fazer uma diferença significativa, é a de competição e estratégia. Vantagens competitivas sustentáveis resultantes de patentes, tecnologias privadas, propriedade de recursos naturais valiosos, capital gerencial, reputação ou marca, escala e poder de mercado conferem às empresas opções valiosas de crescer por meio de investimentos lucrativos futuros e de reagir com mais eficácia a adversidades ou oportunidades inesperadas num ambiente tecnológico, competitivo ou de negócios em constante mutação.

Diversos economistas abordaram vários aspectos competitivos e estratégicos do investimento de capital. Por exemplo, Roberts e Weitzman (1981) concluem que, em tomadas de decisões sequenciais, pode valer a pena realizar

investimentos de VPL negativo se um investimento precoce puder fornecer informações sobre os benefícios futuros de projetos, especialmente quando sua incerteza for maior. Baldwin conclui que investimentos seqüenciais ótimos para empresas que gozem de poder de mercado e enfrentem decisões irreversíveis podem exigir um prêmio além do VPL para compensar a perda de valor de oportunidades futuras que resulta da realização de um investimento. Pindyck (1988) analisa opções de escolha de capacidade sob condições de incerteza quanto ao preço do produto quando, novamente, o investimento for irreversível.

Dixit (1989) considera as decisões de entrada e saída sob condições de incerteza, demonstrando que, na presença de custos incorridos ou de mudança, pode não ser ótimo a longo prazo reverter uma decisão, mesmo que os preços pareçam atraentes a curto prazo. Bell (1993) combina as decisões de entrada e saída de Dixit com as opções de capacidade de Pindyck para uma empresa multinacional na presença de taxas de câmbio voláteis. Kogut e Kulatilaka (1993) analisam a opção de localização internacional de uma planta na presença de volatilidade de taxa de câmbio com reversão à média, enquanto Kulatilaka e Marks (1985) examinam o valor estratégico de barganha da flexibilidade nas negociações da empresa com fornecedores de insumos.

De um ponto de vista mais explicitamente ligado a opções reais, diversos autores (como Myers, 1987; Kester, 1984, 1993; Trigeorgis e Mason, 1987; Trigeorgis, 1988; Brealey e Myers, 1991; e Trigeorgis e Kananen, 1991) lidaram inicialmente com opções competitivas e estratégicas de uma maneira algo conceitual. Por exemplo, Kester (1984) desenvolve diversos aspectos competitivos e estratégicos das opções de crescimento entre projetos, enquanto Kester (1993) propõe uma implementação planejada seqüencial, e não paralela, de um conjunto de bens de consumo inter-relacionados nos casos em que o aprendizado resulte de introduções iniciais do produto (por exemplo, o espaço em gôndola necessário para produtos semelhantes e posteriores) e em que a vantagem competitiva esteja sujeita à erosão. Trigeorgis e Kananen (1991) também examinam interdependências e sinergias entre projetos seqüenciais como parte de um processo contínuo de planejamento e controle. Numa edição do *Financial Management*, Kananen (1993) trata do problema estratégico da interação entre oportunidades de investimento atuais e futuras, usando o conceito bastante inovador de uma estrutura matricial (captando a capacidade da empresa de gerar oportunidades de investimento *entre* projetos por meio de efeitos de *feedback*) para determinar um *mix* ideal de projetos estratégicos e operacionais.

Trigeorgis (1991) usa técnicas quantitativas de precificação de opções para examinar investimentos precoces que possam impedir entradas previstas de competidores e para avaliar a opção de adiar o investimento sob o impacto de uma entrada aleatória de competidores (Trigeorgis, 1990). Ang e Dukas (1991) incorporam informações competitivas e assimétricas, argumentando que o padrão temporal dos fluxos de caixa descontados também importa devido à possibilidade de encerramento prematuro do projeto por causa de entradas aleatórias de competidores.

Distanciando-se ainda mais da premissa comum da competição perfeita, Kulatilaka e Perotti (1992) examinam como as decisões de investimento de uma empresa influenciam as decisões de produção de seus competidores e o preço do mercado nos casos em que um investimento precoce gere uma vantagem de custo. Quanto a isso, Smit e Ankum (1993) combinam a abordagem por opções reais ao *timing* do investimento com princípios básicos da teoria dos jogos e da organização industrial para explorar diversas estratégias de *timing* de investimento em projetos de seguimento baseados na reação dos competidores sob diferentes estruturas de mercado. A suplementação da análise de opções com ferramentas da teoria dos jogos capazes de incorporar contramedidas estratégicas competitivas promete ser uma direção importante e desafiadora para a pesquisa no futuro.

Panacéia universal: aplicações variadas

Além dos desenvolvimentos teóricos, as aplicações das opções reais também têm recebido crescente atenção. A avaliação por opções reais tem sido aplicada em diversos contextos, como investimentos em recursos naturais, empreendimentos imobiliários, *leasing*, fabricação flexível, subsídios governamentais e regulamentação, P&D, novos empreendimentos e aquisições, investimentos e estratégia no exterior, entre outras áreas.

As primeiras aplicações surgiram, naturalmente, na área de *investimentos em recursos naturais*, devido à disponibilidade dos preços de recursos ou *commodities* negociados em alta volatilidade e a longo prazo, resultando em maiores e melhores estimativas do valor das opções. Brennan e Schwartz (1985) foram os primeiros a utilizar o rendimento de conveniência derivado dos preços futuros e o *spot* de uma *commodity* para avaliar opções de suspender ou abandonar as atividades de uma mina. Paddock, Siegel e Smith (1988) avaliam as opções embutidas em reservas inexploradas de petróleo e fornecem a primeira evidência empírica de que os valores das opções são melhores do que as abordagens baseadas em FCD para avaliar *leasings*

de plataformas petrolíferas. Trigeorgis (1990) avalia um projeto real de mineração em consideração por uma grande multinacional e envolvendo opções de cancelamento durante a construção, expansão da produção e abandono pelo valor residual. Bjerksund e Ekem (1990) avaliam um campo petrolífero norueguês com opções de adiamento e abandono. Mørck, Schwartz e Stangeland (1989) avaliam recursos florestais com estoques e preços estocásticos.

Stensland e Tjostheim (1990) também discutem algumas aplicações da programação dinâmica à exploração de recursos naturais. Laughton e Jacoby (1993) examinam vieses na avaliação de opções reais e tomadas de decisão a longo prazo em situações em que um processo de reversão do preço à média seja mais adequado, que pode ocorrer com projetos de *commodities*. Isso é preferível ao uso das tradicionais premissas do movimento browniano ou do *random walk*. Eles concluem que ignorar a reversão superestimaria a incerteza a longo prazo, mas pode super ou subestimar as opções de *timing* associadas. Do lado mais prático, Kemna (1993) compartilha sua experiência na Shell com a análise de casos reais, envolvendo o desenvolvimento de um campo petrolífero marítimo e avaliando uma opção de crescimento num empreendimento industrial, e discute as questões de formulação e de implementação no processo de adaptação da teoria das opções à prática.

Na área de *empreendimentos imobiliários*, Titman (1985); Williams (1991); Capozza e Sick (1992) e Quigg (1993b) demonstram que o valor de terrenos baldios deve refletir não apenas o valor baseado no melhor uso imediato (como construir já um edifício), mas também o valor da opção de postergar a construção e converter o terreno no melhor uso alternativo no futuro. Assim, pode valer a pena manter o terreno inativo por conta de seu valor enquanto opção, mesmo com um mercado imobiliário em franca expansão. Quigg (1993a) relata resultados empíricos que indicam que a avaliação de terrenos baseada em opções que incorporem a opção de aguardar para construir fornece melhores aproximações dos preços reais de mercado.

Em um contexto diferente, McLaughlin e Taggart (1992) enfocam o custo de oportunidade do uso da capacidade excedente como variação do valor das opções de uma empresa causada pelo desvio da capacidade para um uso alternativo. Com relação ao *leasing*, Copeland e Weston (1982); Lee, Martin e Senchack (1982); McConnell e Schallheim (1983); e Trigeorgis (1992) avaliam diversas opções operacionais embutidas em contratos de *leasing*.

Na área de *fabricação flexível*, a flexibilidade proporcionada por sistemas flexíveis de fabricação, tecnologia

de produção flexível ou outras máquinas de múltiplo uso foi analisada do ponto de vista das opções por Kulatilaka (1988); Triantis e Hodder (1990); Aggarwal (1991); Kulatilaka e Trigeorgis (1993); e Kamrad e Ernst (1993); entre outros. A propósito, Kulatilaka (1993) avalia a flexibilidade proporcionada por uma fornalha industrial de alimentação alternativa, que pode alternar entre dois insumos energéticos diferentes (gás natural e óleo), de acordo com a flutuação de seus preços relativos. Conclui que o valor dessa flexibilidade é muito superior ao custo incremental em relação a alternativas rígidas capazes de aceitar apenas um combustível. Baldwin e Clark (1993) estudam a flexibilidade criada por projetos modulares que permite conectar componentes de um sistema maior por meio de interfaces padronizadas

Na área de *subsídios governamentais e regulamentação*, Mason e Baldwin (1988) avaliam subsídios governamentais a projetos energéticos de grande escala como opções de venda, enquanto Teisberg (1993) fornece uma análise de avaliação por opções de escolhas de investimentos por uma empresa regulamentada. Com relação a *pesquisa e desenvolvimento*, Kolbe, Morris e Teisberg (1991) discutem elementos de opções embutidos em projetos de P&D. Os elementos de opções envolvidos no desenvolvimento de empresas *start-up* são discutidos em Sahlman (1988), Willner (1993) e neste artigo. *Aquisições estratégicas* de outras empresas também envolvem, com frequência, diversas opções de crescimento, alienação e outras ligadas à flexibilidade, como discutem Smith e Triantis (1990). Outras aplicações das opções à área de estratégia foram discutidas anteriormente neste artigo. Do lado empírico, Kester (1984) estima que o valor das opções de crescimento de uma empresa seja mais do que a metade do valor de mercado do patrimônio líquido de muitas empresas, chegando a 70-80% em setores mais voláteis. No mesmo sentido, Pindyck (1988) também sugere que as opções de crescimento representam mais da metade do valor da empresa se a volatilidade da demanda superar 20%. Com relação a *investimentos no exterior*, Baldwin (1987) discute diversas opções de localização, momento e escalonamento presentes quando as empresas consideram o mercado global.

Bell (1993) e Kogut e Kulatilaka (1993), entre outros, examinam as opções de entrada, capacidade e alternância, em relação a empresas com operações multinacionais sob condições de volatilidade da taxa de câmbio. Hiraki (1993) sugere que o sistema de governança japonês, voltado para os bancos, age como infra-estrutura básica que permite às empresas desenvolver conjuntamente opções reais corporativas. Diversas outras aplicações podem ser

encontradas em áreas que vão dos *transportes de carga* (Bjerk Sund e Ekem, 1993) à *poluição ambiental e aquecimento global* (como Hendricks, 1991). O potencial para aplicações futuras parece em si mesmo uma opção de crescimento.

Outras fontes e direções futuras para a pesquisa

Outros tratamentos abrangentes das opções reais podem ser encontrados nos artigos de Mason e Menon (1985) e de Trigeorgis e Mason (1987), em uma monografia de Sick (1989), num artigo de revisão econômica de Pindyck (1991), em um volume editado por Trigeorgis (1993) e em um livro da MIT Press (Trigeorgis, 1994). A edição da primavera de 1987 do *Midland Corporate Finance Journal* e uma edição especial de 1991 da revista *Managerial Finance* (vol. 17, n. 2/3) também foram dedicadas às opções reais e ao orçamento de capital.

Na edição da *Financial Management* do outono de 1993, os artigos de Laughton e Jacoby (1993); Smit e Ankum (1993); e Kasanen (1993) são indicações de uma literatura ativa que está evoluindo em diversas novas direções quanto a modelagem, competição e estratégia, enquanto os artigos de Kenna (1993) e Kulatilaka (1993) representam tentativas recentes de implementar a avaliação por opções reais em casos reais. Evidentemente, uma maior atenção às questões de aplicação e implementação representa o próximo passo na evolução das opções reais.

Além de mais aplicações a casos reais e do tratamento a questões e problemas da implementação na vida real, algumas direções produtivas para pesquisas futuras, tanto na teoria quanto na prática, são:

- Maior concentração em investimentos (como em P&D, pilotos ou testes de mercado, ou escavações) que possa “gerar” informações e aprendizado sobre as perspectivas do projeto, como por meio da extensão/ajuste da precificação de opções e da avaliação neutra quanto ao risco por meio de análise bayesiana ou processo alternativo (como o *jump*);
- Exploração mais aprofundada das contramedidas competitivas endógenas e de uma variedade de questões de estrutura competitiva de mercado e estratégicas, usando uma combinação de organização industrial pela teoria dos jogos com ferramentas de avaliação de opções;
- Melhor modelagem das diversas opções estratégicas e de crescimento;
- Ampliação das opções num contexto de agência, reconhecendo que o valor potencial (teórico) das opções reais pode não se realizar na prática se os gestores cuidarem de seus próprios interesses (como expansão

ou crescimento, em vez de maximizarem o valor da empresa) e usarem mal suas prerrogativas, deixando de seguir as políticas de exercício ótimo implícitas na avaliação das opções. Isso leva à necessidade que as empresas têm de redigir contratos de incentivos e corretivos adequados (levando em conta, também, a assimetria informacional);

- Reconhecimento de que as opções reais podem reagir não só entre si, mas também com as opções de flexibilidade financeira e a compreensão das implicações resultantes para as decisões combinadas e interdependentes de investimento e financiamento. Na terceira seção deste artigo, damos um primeiro passo em direção ao reconhecimento dessas interações entre opções reais e de flexibilidade financeira;
- Do ponto de vista prático, aplicação de opções à avaliação da flexibilidade em áreas correlatas, como em processos de licitação, tecnologia da informação ou outros investimentos em plataformas, problemas energéticos e de P&D, opções de financiamento internacional e assim por diante;
- Uso de opções reais para explicar fenômenos empíricos sujeitos a observação ou a testes estatísticos, como o exame empírico de gestores de empresas que sejam alvos de aquisição. Estes podem às vezes recusar ofertas devido em parte à opção de aguardar, na expectativa de ofertas futuras melhores; e
- Realização de mais estudos de campo, levantamentos ou estudos empíricos para testar a conformidade da avaliação teórica por opções reais e suas implicações à intuição e à experiência de gestores e a dados reais de preços, quando haja.

OPÇÕES REAIS: UM EXEMPLO E PRINCÍPIOS DE AVALIAÇÃO

Esta seção discute, conceitualmente, a natureza de diferentes opções reais por meio de um exemplo abrangente e ilustra alguns princípios práticos para a avaliação dessas opções. Para facilitar nossa discussão das diversas opções reais que podem estar embutidas em investimentos de capital, consideremos, em primeiro lugar, o exemplo apresentado no item a seguir.

Exemplo: um projeto de extração e refino de petróleo

Uma grande petrolífera tem uma concessão de um ano para começar a perfurar uma área não prospectada com reservas de petróleo em potencial. Dar início ao projeto pode envolver alguns custos de exploração, seguidos

da construção de estradas e outros desembolsos com infra-estrutura, I_1 . Depois disso viriam despesas de construção de uma nova unidade de processamento, I_2 . A extração só pode começar após a conclusão da construção, ou seja, os fluxos de caixa somente serão gerados durante o “estágio operacional” que se segue ao último investimento.

Durante a construção, se as condições do mercado piorarem a administração poderá optar por abrir mão de quaisquer investimentos futuros planejados. A administração também pode optar por reduzir a escala da operação em $c\%$, eliminando parte do último investimento, I_c , se o mercado estiver ruim. A unidade de processamento pode ser projetada de tal maneira que, se os preços do petróleo estiverem mais altos do que o esperado, a taxa de produção possa ser aumentada em $x\%$ com um investimento posterior de I_E . A qualquer momento, a administração pode recuperar parte de seu investimento vendendo instalações e equipamento ao preço residual, ou dedicando-os a algum uso alternativo, A .

Uma refinaria associada – que pode ser projetada para operar com fontes alternativas de insumos de energia – pode converter petróleo bruto em uma gama de produtos refinados. Esse tipo de projeto apresenta o seguinte conjunto de opções reais:

- *A opção de adiar o investimento.* O contrato de concessão permite que a administração adie os investimentos por até um ano, beneficiando-se da resolução da incerteza quanto aos preços do petróleo nesse prazo. A administração somente investiria I_1 (ou seja, exerceria sua opção de extrair petróleo) se os preços aumentassem o suficiente, mas não se comprometeria com o projeto, poupando os desembolsos planejados, se os preços caíssem. Logo antes do vencimento da concessão, a criação de valor seria $\max(V - I_1, 0)$. A opção de adiamento é, portanto, análoga a uma opção *call* americana sobre o valor presente bruto dos fluxos de caixa operacionais esperados do projeto concluído, V , sendo o preço de exercício igual ao desembolso necessário, I_1 . Como o investimento antecipado implica sacrifício da opção de aguardar, essa perda do valor da opção é como um custo de oportunidade adicional do investimento, que somente se justifica se o valor dos benefícios de caixa, V , efetivamente superar o desembolso inicial com um prêmio substancial. Como se observa no Quadro 1, a opção de aguardar é especialmente valiosa em setores de extração, agricultura, produtos de papel e empreendimentos imobiliários, devido a suas elevadas incertezas e aos seus longos horizontes de investimento;

- *A opção de interromper durante a construção (ou opção de tempo de construção).* Na maioria dos projetos na vida real, o investimento necessário não é incorrido sob a forma de um só desembolso inicial. O escalonamento dos investimentos de capital como uma série de desembolsos ao longo do tempo cria valiosas opções de interrupção em qualquer estágio (por exemplo, após a exploração se as reservas ou os preços do petróleo estiverem muito baixos). Assim, cada estágio como a construção da infra-estrutura necessária pode ser visto como uma opção sobre o valor dos estágios posteriores que se exercita incorrendo no desembolso do custo do estágio (por exemplo, I_1) necessário para avançar para o estágio seguinte, e pode, portanto, ser avaliado de maneira semelhante à das opções compostas. Essa opção é valiosa em todos os setores de intensa P&D, especialmente o farmacêutico, em setores de capital intensivo que sejam altamente incertos e com longo prazo de desenvolvimento, como usinas geradora de energia e construção de grande escala, e em *venture capital*;
- *A opção de expansão.* Se os preços do petróleo ou outras condições de mercado se revelarem mais favoráveis do que o esperado, a administração pode acelerar a taxa ou expandir a escala de produção (em $x\%$), incorrendo o desembolso de um custo de seguimento (I_E). Isso se assemelha a uma opção *call* de aquisição de uma porção adicional ($x\%$) do projeto em sua escala básica, pagando I_E como preço de exercício. A oportunidade de investimento com opção de expansão pode ser vista como o projeto em sua escala básica mais uma opção *call* sobre o investimento futuro, ou seja, $V + \max(xV - I_E, 0)$. Dada uma escolha inicial de projeto, a administração pode deliberadamente favorecer uma tecnologia mais cara por sua flexibilidade intrínseca para expandir a produção se e quando isso vier a se tornar desejável. Como veremos adiante, a opção de expandir também pode ter importância estratégica, especialmente se permitir à empresa aproveitar oportunidades futuras de crescimento. Como observamos, quando a empresa compra terrenos baldios não explorados, ou quando compra uma pequena unidade numa nova região geográfica (interna ou estrangeira) para se posicionar de maneira a aproveitar um grande mercado em desenvolvimento, o que faz é, em essência, instalar uma opção de expansão/crescimento. Tal opção, que somente será exercida se as condições de mercado forem favoráveis, poderá fazer como que valha a pena realizar um investimento básico aparentemente não lucrativo (com base em seu VPL estático);

- *A opção de contrair*: Se as condições do mercado forem piores do que as originalmente esperadas, a administração pode operar abaixo da capacidade ou até mesmo reduzir a escala das operações (em $c\%$), poupando, com isso, parte dos desembolsos planejados (I_c). Esta flexibilidade para atenuação de perdas se assemelha a uma opção de venda sobre parte ($c\%$) do projeto básico, com preço de exercício igual à poupança de custos em potencial (I_c), dando $\max(I_c - cV, 0)$. A opção de contrair, assim como a de expandir, pode ser especialmente valiosa quando associada à introdução de novos produtos em mercados incertos. A opção de contrair também pode ser importante, por exemplo, na escolha entre tecnologias ou plantas com diferentes *mixes* de custo de construção e custo de manutenção, em que seja preferível construir uma planta com menor custo inicial de construção e maior custo de manutenção para adquirir a flexibilidade para contrair operações por meio da redução da manutenção se as condições de mercado forem desfavoráveis;
- *A opção de interromper (e reiniciar) as operações*. Na vida real, a unidade não precisa operar (ou seja, extrair petróleo) automaticamente em todos os períodos. Na verdade, se os preços forem tais que as entradas de caixa não bastem para cobrir os custos operacionais variáveis (como os de manutenção), pode ser melhor deixar de operar temporariamente, especialmente se os custos de alternância entre os estados operacional e ocioso forem relativamente baixos. Se os preços subirem o bastante, as operações podem reiniciar. Assim, a operação a cada ano pode ser vista como uma opção *call* de aquisição das entradas de caixa (C) daquele por meio do pagamento dos custos variáveis de operação (I_v) como preço de exercício, ou seja, $\max(C - I_v, 0)$.² As opções de alteração da escala operacional (ou seja, expandir, contrair ou interromper) costumam ser encontradas em setores de recursos naturais, como mineração, planejamento de instalações e construção em setores cíclicos, no setor de vestuário e moda, no de bens de consumo e no de imóveis comerciais;
- *A opção de abandonar pelo valor residual*. Se os preços do petróleo sofrerem um declínio sustentável ou se a operação tiver baixo desempenho por algum outro motivo, a administração não precisa continuar a incorrer nos custos fixos. Em vez disso, pode contar com uma valiosa opção de abandonar permanentemente o projeto em troca de seu residual (ou seja, o valor de revenda dos bens de capital e outros ativos em mercados de usados). Como observamos, esta opção pode ser avaliada como uma opção de venda americana (*American*

put option) sobre o valor atual do projeto (V), sendo o preço de exercício o valor residual ou no melhor uso alternativo (A), permitindo à administração receber $V + \max(A - V, 0)$ ou $\max(V, A)$. Naturalmente, bens de capital de uso mais genérico terão maior valor residual e maior valor como opção de abandono do que bens de uso específico. Opções de abandono valiosas são geralmente encontradas em setores de capital intensivo, como companhias aéreas e ferrovias, nos serviços financeiros e na introdução de novos produtos em mercados incertos;

- *A opção de alternar o uso (ou seja, insumos ou produtos)*. Suponhamos que a refinaria de petróleo associada ao projeto possa ser projetada para usar formas alternativas de insumos energéticos (por exemplo, óleo combustível, gás ou eletricidade) para converter petróleo bruto em uma variedade de produtos de saída (como gasolina, lubrificantes ou poliéster). Isso forneceria uma valiosa flexibilidade intrínseca, permitindo alternar entre o insumo atual e o insumo mais barato no futuro, ou do produto atual para o *mix* de produtos mais lucrativo no futuro, de acordo com a flutuação, no tempo, dos preços dos insumos e produtos. De fato, a empresa deve estar disposta a pagar um prêmio positivo por tal tecnologia flexível em relação a uma alternativa rígida que não ofereça escolhas ou que as ofereça em menor variedade. Com efeito, se a empresa puder, com isso, desenvolver usos adicionais para seus ativos que superem os da competição, pode ficar em vantagem significativa. De modo geral, a flexibilidade de “processos” pode ser obtida não só por meio da tecnologia (por exemplo, construindo uma instalação flexível que possa alternar entre “insumos” energéticos alternativos), mas também por meio da manutenção de relacionamentos com vários fornecedores, ajustando seu *mix* de acordo com a mudança dos preços relativos. Políticas de subcontratação podem permitir ainda a flexibilidade de contrair a escala das operações futuras a um baixo custo em caso de desdobramentos desfavoráveis do mercado. Como observamos, uma petrolífera multinacional pode implantar, simultaneamente, instalações em diferentes países para adquirir a flexibilidade de deslocar a produção para as de custo mais baixo, à medida que os custos relativos, outras condições de mercado ou as taxas de câmbio mudarem com o tempo. A flexibilidade de processo é valiosa em instalações dependentes de matérias-primas, como petróleo, energia elétrica e produtos químicos, e na rotação de culturas agrícolas. A flexibilidade de “produto”, que permite à empresa alternar entre produtos, é mais valiosa em

setores como o automotivo, o de eletroeletrônicos, o de brinquedos ou o de fármacos, em que a diferenciação e a diversidade de produtos sejam importantes e/ou a demanda pelo produto seja volátil. Em tais casos, pode valer a pena instalar uma capacidade flexível de custo mais elevado para adquirir a possibilidade de alterar o *mix* de produto ou a escala de produção em resposta a mudanças das demandas do mercado; e

- *Opções de crescimento corporativo.* Como vimos, outra versão estrategicamente importante da opção de expandir está nas opções de crescimento corporativo que abrem caminho para oportunidades futuras. Suponhamos, no exemplo acima, que a unidade de refino proposta se baseie num “processo” novo e tecnologicamente superior de refino de petróleo, desenvolvido e testado internamente em uma planta piloto. Embora, tomada isoladamente, a unidade proposta possa parecer não ter atrativos, pode ser apenas a primeira de uma série de unidades semelhantes se o processo for desenvolvido e comercializado com sucesso, e pode até mesmo levar a subprodutos completamente novos do petróleo. Em termos mais gerais, muitos investimentos iniciais (como P&D, uma concessão de terreno vazio ou de lote com reservas petrolíferas em potencial, uma aquisição estratégica, ou uma rede de TI) podem ser vistos como pré-requisitos ou elos de uma cadeia de projetos inter-relacionados. O valor desses projetos pode derivar não tanto de seus fluxos de caixa esperados e diretamente mensuráveis, mas por criar oportunidades futuras de crescimento (como uma nova geração de produtos ou processos, reservas petrolíferas, acesso a um mercado novo ou em expansão, reforço das capacidades “core” da empresa ou do posicionamento estratégico). Uma oportunidade de investir na primeira geração de um produto de alta tecnologia, por exemplo, é análoga a uma opção sobre opções (opção composta interprojetos). Apesar de um VPL aparentemente negativo, a infra-estrutura, a experiência e os potenciais subprodutos gerados durante o desenvolvimento da primeira geração do produto podem servir como trampolim para o desenvolvimento de gerações futuras de menor custo ou maior qualidade, ou mesmo para a geração de novas aplicações em outras áreas. Mas, a menos que a empresa realize o investimento inicial, gerações subseqüentes ou outras aplicações não serão sequer factíveis. A infra-estrutura e a experiência obtidas podem ser exclusivas e deixar a empresa em vantagem competitiva, que pode até reforçar a si mesma se estiverem presente efeitos de curva de custos de aprendizado. As opções de crescimento são encontradas em todos os setores

de infra-estrutura ou estratégicos, especialmente alta tecnologia e P&D, ou setores com múltiplas gerações ou aplicações de produtos (como semicondutores, computadores, fármacos), em operações multinacionais e aquisições estratégicas.

Em um contexto mais genérico, a adaptabilidade operacional e estratégica representada pelas opções reais corporativas pode ser obtida em diferentes estágios da cadeia de valor, da alternância do *mix* de insumos entre diferentes fornecedores e das práticas de subcontratação até a aceleração do projeto de produto (como projeto auxiliado por computador) e à modularidade do projeto, passando pela alternância da produção entre diferentes produtos com rapidez e eficiência em termos de custos num sistema de fabricação flexível. Na próxima seção ilustramos, com exemplos numéricos simples, princípios práticos básicos para a avaliação de várias dentre as opções reais acima discutidas. Para simplificar a exposição, vamos ignorar, daqui por diante, quaisquer efeitos de déficit ou semelhantes a dividendos.

Princípios de avaliação de diversas opções reais

Consideremos, como em Trigeorgis e Mason (1987),³ a avaliação de uma oportunidade genérica de investimento (por exemplo, semelhante ao projeto de extração de petróleo citado anteriormente). Mais especificamente, suponhamos que nos deparemos com uma oportunidade de investir $I_0 = \$ 104$ (milhões) num projeto petrolífero, cujo valor (bruto) em cada período suba 80% ou caia 40%, dependendo das flutuações do preço do petróleo: um ano depois, o projeto terá valor esperado (decorrente dos fluxos de caixa subseqüentes) de \$ 180 (milhões) se o preço do petróleo aumentar ($C^+ = 180$) ou \$ 60 se o preço cair ($C^- = 60$).⁴ Há uma igual probabilidade ($q = 0,5$) de que o preço do petróleo aumente ou diminua a cada ano.

Seja S o preço do petróleo ou, genericamente, de um “título gêmeo” que seja negociado nos mercados financeiros e tenha as mesmas características de risco que (isto é, esteja perfeitamente correlacionado com) o projeto efetivo em tela (como o preço da ação de uma empresa petrolífera operacional, semelhante e não alavancada). Tanto o projeto quanto seu ativo gêmeo (ou os preços do petróleo) têm uma taxa de retorno (ou de desconto) esperada de $k = 20\%$, enquanto a taxa livre de risco é $r = 8\%$.

Na parte que segue, admitiremos que o valor do projeto (ou seja, o valor, em milhões de dólares a cada ano, t , de seus fluxos de caixa subseqüentes esperados devidamente descontados ao ano em questão), V_t , e o preço de seu

título gêmeo (por exemplo, o preço de uma ação gêmea de empresa petroléira em \$ por ação, ou simplesmente o preço do petróleo em \$ por barril), S_t , movam-se no tempo do modo como ilustrado na Figura 1.

Por exemplo, o par (V_0, S_0) acima representa o valor bruto atual do projeto de \$ 100 milhões e um preço *spot* do petróleo de \$ 20 por barril (ou um preço de \$ 20 por ação da empresa petroléira gêmea). Sob a análise VPL tradicional (passiva), o valor atual bruto do projeto seria obtido primeiro descontando-se os valores do projeto ao fim do período (derivados dos fluxos de caixa subseqüentes), usando a taxa esperada de retorno do ativo gêmeo do projeto (o preço do barril de petróleo, neste caso) como taxa de desconto aplicável, ou seja, $V_0 = (0,5 \times 180 + 0,5 \times 60)/1,20 = 100$. Observe que esse valor bruto do projeto é, nesse caso, exatamente proporcional ao preço do ativo gêmeo (ou preço *spot* do petróleo). Após subtrair os custos atuais de investimento, $I_0 = 104$, o VPL do projeto é finalmente dado por:

$$VPL = V_0 - I_0 = 100 - 104 = -4 (< 0) \quad (2)$$

Na falta de flexibilidade administrativa ou de opções reais, a análise tradicional por FCD teria rejeitado esse projeto com base em seu VPL negativo. Mas o FCD passivo é incapaz de captar corretamente o valor das opções embutidas por causa de sua natureza assimétrica discricionária e de sua dependência de eventos futuros que são incertos quando da decisão inicial. O problema básico está, é claro, na avaliação das oportunidades de investimento, cujos resultados sejam assimétricos ou desproporcionais, e cujas taxas de desconto variem de forma complexa ao longo do tempo. Ainda assim, tais opções reais podem ser adequadamente avaliadas por meio de análise de direitos contingenciais (“*contingent claims analysis*” – CCA), no contexto de um processo de avaliação retrospectiva neu-

tro quanto ao risco.⁵ Essencialmente, a mesma solução pode ser obtida em nosso mundo real e avesso ao risco e num mundo “neutro quanto ao risco”, em que o valor atual de qualquer direito contingente possa ser obtido a partir de seus valores futuros esperados descontados a taxas livres de risco, r . Em tal mundo neutro quanto ao risco, o valor atual (início do período) do projeto (ou do direito que cabe aos proprietários do patrimônio líquido), E , é dado por:

$$E = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{(1+r)},$$

onde

$$p = \frac{(1+r)S - S^-}{(S^+ + S^-)} \quad (3)$$

A probabilidade, p , pode ser estimada a partir da dinâmica de preço do ativo gêmeo (ou dos preços do petróleo):

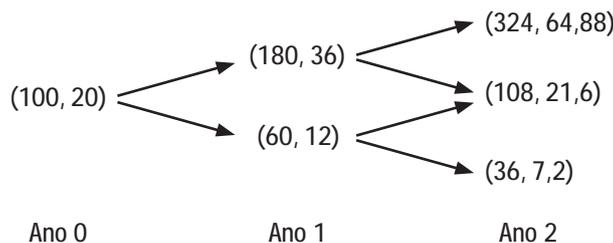
$$p = \frac{(1,08 \times 20) - 12}{36 - 12} = 0,4$$

Observe que o valor para $p = 0,4$ é distinto da probabilidade efetiva, $q = 0,5$, e pode ser usado para determinar valores “equivalentes à certeza” (ou fluxos de caixa esperados) que podem ser corretamente descontados à taxa livre de risco. Por exemplo,

$$V_0 = \frac{pC^+ + (1-p)C^-}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 60}{1,08} = 100 \quad (4)^6$$

Adiante, admitiremos que se qualquer parte do desembolso necessário (com valor presente de \$ 104 milhões) não for paga imediatamente, mas em etapas futuras, esse montante será colocado numa conta-reserva remunerada à taxa livre de risco.⁷ A seguir, ilustramos como diversas

Figura 1 – Variação do valor do projeto e de seu título gêmeo ao longo do tempo.



espécies de opções com potencial de *upside*, como as de diferir ou expandir, ou a de potencial de *downside*, como as de abandonar pelo valor residual ou de interromper durante a construção, podem aumentar o valor da oportunidade de investimento (ou seja, o valor do patrimônio líquido, ou VPL) do projeto genérico acima, sob a premissa comum de financiamento integral por patrimônio líquido. Nosso foco, aqui, recai sobre os princípios práticos básicos para avaliar um tipo de opção operacional por vez.

A opção de diferir o investimento

A empresa conta com uma concessão de um ano que lhe confere direito exclusivo de diferir a realização do projeto (ou seja, extrair o petróleo) por um ano, beneficiando-se, assim, da resolução da incerteza quanto aos preços do petróleo nesse período. Embora realizar o projeto imediatamente tenha um VPL negativo (de -4), a oportunidade de investir conferida pela concessão tem valor positivo, uma vez que a administração *somente* investirá se os preços do petróleo e o valor do projeto subirem o bastante, muito embora não tenha a obrigação de investir se sobrevierem acontecimentos desfavoráveis. Como a opção de aguardar é análoga a uma opção *call* sobre um valor de projeto V , com preço de exercício igual ao desembolso necessário durante o ano seguinte, $I_1 - 112,32$ ($= 1,04 \times 1,08$):

$$\begin{aligned} E^+ &= \max(V^+ - I_1, 0) = \max(180 - 112,32, 0) = 67,68, \\ E^- &= \max(V^- - I_1, 0) = \max(60 - 112,32, 0) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

O valor total do projeto (ou seja, o VPL ampliado, que inclui o valor da opção de adiamento) da equação (3) é:

$$E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 67,68 + 0,6 \times 0}{1,08} = 25,07. \quad (6)$$

Com base na equação (1), o valor da opção de adiar proporcionada pela concessão em si é, portanto, dado por:

$$\begin{aligned} \text{Opção de adiamento} &= \text{VPL ampliado} - \text{VPL} \\ \text{passivo} &= 25,07 - (-4) = 29,07 \end{aligned} \quad (7)$$

que, incidentalmente, é igual a quase um terço do valor bruto do projeto.⁸

A opção de expandir (opção de crescimento)

Uma vez realizado o projeto, concluída toda a infra-estrutura necessária e colocada a planta em operação, a administração pode ter a opção de acelerar a taxa ou expandir a escala de produção em, digamos, 50% ($x = 0,50$), in-

correndo, para tanto, num desembolso de seguimento de $I_E = 40$, desde que o preço do petróleo e as condições gerais do mercado se revelem melhores do que o originalmente esperado. Assim, no ano 1 a administração pode optar por manter a operação em sua escala básica (ou seja, receber o valor do projeto, V , sem custo adicional), ou expandir a escala e o valor do projeto em 50% ao incorrer o desembolso adicional. Ou seja, a oportunidade de investimento original é tida como o projeto de escala inicial mais uma opção *call* sobre uma oportunidade futura, ou $E = V + \max(xV - I_E, 0) = \max(V, (1+x)V - I_E)$:

$$E^+ = \max(V^+, 1,5V^+ - I_E) = \max(180, 270 - 40) = 230$$

ou seja, expandir;

$$E^- = \max(V^-, 1,5V^- - I_E) = \max(60, 90 - 40) = 60 \quad (8)$$

ou seja, manter a escala básica. O valor da oportunidade de investimento (aí incluído o valor da opção de expandir se as condições de mercado se revelarem melhores do que o esperado) passa então a ser:

$$E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{(1+r)} - I_0 = \frac{0,4 \times 230 + 0,6 \times 60}{1,08} - 104 = 14,5. \quad (9)$$

e, portanto, o valor da opção de expandir é:

$$\text{Opção de expandir} = 14,5 - (-4) = 18,5, \quad (10)$$

ou 18,5% do valor bruto do projeto.

Opções de abandono pelo valor residual ou de alternância de uso

Em termos de proteção contra o *downside*, a administração tem a opção de abandonar o projeto de extração de petróleo a qualquer momento em troca de seu valor residual ou do melhor uso alternativo, se os preços do petróleo sofrerem um declínio sustentado. A refinaria associada também pode usar insumos energéticos alternativos e tem flexibilidade para converter petróleo bruto em uma variedade de produtos.

À medida que mudem as condições do mercado e também os preços relativos dos insumos, produtos ou do valor de revenda da planta no mercado de usados [*secondhand market*], os acionistas podem considerar preferível abandonar o uso do projeto atual, alternando para um insumo mais barato, um produto mais lucrativo ou simplesmente vendendo os ativos da planta no mercado de produtos usados. Consideremos que flutue o valor do projeto em

seu melhor uso alternativo, A (ou o valor residual pelo qual possa ser trocado) ao longo do tempo. A Figura 2 representa essa flutuação.

Observe que o valor atual do projeto residual ou de seu uso alternativo ($A = 90$) é inferior ao valor do projeto em seu uso atual ($V_0 = 100$) – do contrário, a administração teria alterado o uso imediatamente – e apresenta a mesma taxa esperada de retorno (20%). Contudo, sua variância é menor, de modo que, se o mercado continuar a subir, não será ótimo abandonar antecipadamente o projeto em troca de seu valor residual. Mas, se o mercado cair, a administração pode considerar desejável alternar o uso (por exemplo, trocar, no ano 1, o valor com o uso atual de $V_1 = 60$ por um valor alternativo mais elevado de $A_1 = 72$).⁹ Assim, os acionistas podem optar pelo que for maior entre o valor do projeto em seu uso atual, V , ou seu melhor uso alternativo, A , ou seja, $E = \max(V, A)$:

$$E^+ = \max(V^+, A^+) = \max(180, 144) = 180 = V^+,$$

ou seja, continuar;

$$E^- = \max(V^-, A^-) = \max(60, 72) = 72 = A^-, \quad (11)$$

ou seja, alterar o uso. O valor do investimento (inclusive a opção de abandonar antecipadamente ou alterar o uso) é, portanto:

$$E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{(1+r)} - I_0 = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 72}{1,08} - 104 = +2,67. \quad (12)$$

de modo tal que o projeto, com a opção de alternância de uso, passa a ser desejável. O valor da opção propriamente dita é:

$$\text{Opção de alteração de uso} = 2,67 - (-4) = 6,67, \quad (13)$$

Ou quase 7% do valor bruto do projeto. Esse valor é cla-

ramente dependente da matriz de valores residual ou dos valores de usos alternativos.

Opção de descumprir (etapas de custo planejadas) durante a construção

Mesmo durante a fase de construção, a administração pode abandonar um projeto para evitar desembolsos subsequentes se o investimento necessário futuro superar o valor de continuar o projeto (inclusive quaisquer opções futuras). Suponhamos que o investimento (de valor presente \$ 104) necessário para implementar o projeto de extração de petróleo possa ser escalonado numa série de “parcelas”: $I_0 = \$ 44$ do montante alocado de \$ 104 devem ser desembolsados imediatamente (no ano 0) como custo inicial da infra-estrutura, sendo os \$ 60 restantes colocados numa conta reserva (onde não há risco) programada para ser paga como $I_1 = 64,8$ em custo de seguimento para construir a usina de processamento no ano 1.

No ano seguinte, a administração somente pagará a “parcela” planejada do custo de investimento em troca de um valor maior da continuidade do projeto; do contrário, abrirá mão do investimento e não receberá coisa alguma. Assim, a opção de não realizar quando o investimento se dá de forma seqüenciada durante a construção se traduz em $E = \max(V - I_1, 0)$:

$$E^+ = \max(V^+ - I_1, 0) = \max(180, 64,8, 0) = 115,2,$$

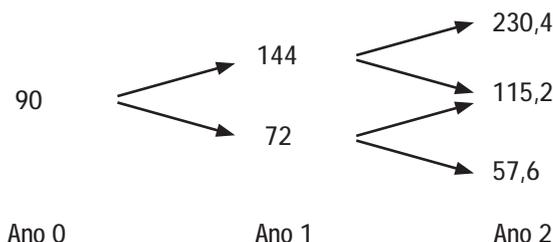
ou seja, continuar;

$$E^- = \max(V^- - I_1, 0) = \max(60, 64,8, 0) = 0, \quad (14)$$

ou seja, desinvestir. O valor da oportunidade de investimento (com a opção de não realizar desembolsos futuros) é dado por:

$$E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{(1+r)} - I_0 = \frac{0,4 \times 115,2 + 0,6 \times 0}{1,08} - 44 = 1,33 \quad (15)$$

Figura 2 – Flutuação do valor do projeto em seu melhor uso alternativo ao longo do tempo.



e a opção de abandonar deixando de efetuar os desembolsos durante a construção é

$$\text{Opção de abandonar desembolsos futuros} = -1,33(-4) = 2,67, \quad (16)$$

ou cerca de 3% do valor do projeto. Esse valor é, naturalmente, dependente do cronograma de custos escalonados.

Para simplificar, os exemplos acima foram baseados em um procedimento de avaliação retrospectiva neutra quanto ao risco para um período. Tal procedimento pode ser facilmente ampliado para um contexto com múltiplos períodos discretos com qualquer número de estágios. Partindo do valor terminal, o processo retroagiria calculando o valor da opção uma etapa antes (usando os valores ascendente e descendente obtidos no passo anterior), e assim por diante. Ilustramos, na seção seguinte, uma ampliação para dois períodos. Com o aumento do número de passos, a solução em tempo discreto naturalmente se aproxima de seu equivalente contínuo Black-Scholes (com os devidos ajustes), quando houver. Na próxima seção, vamos nos voltar para as diversas opções de flexibilidade financeira, partindo da opção dos acionistas de não honrar pagamentos de dívida lastreados em responsabilidade limitada. Uma opção semelhante de abandono financeiro em benefício do credor pode ser criada por meio de um financiamento escalonado. São exploradas as interações entre tal flexibilidade financeira e as opções operacionais anteriormente estudadas.

INTERAÇÕES COM A FLEXIBILIDADE FINANCEIRA

Opção dos acionistas por inadimplência da dívida (responsabilidade limitada)

Lidamos, até agora, com diversas opções reais ou operacionais, admitindo, implicitamente, uma empresa cujo passivo é formado apenas de não exigível (*equity*). Se introduzirmos contas do exigível (*debt*), o valor do projeto para os acionistas poderá elevar-se imediatamente no montante adicional da flexibilidade financeira (ou da opção de inadimplência em relação a pagamentos da dívida permitida pela responsabilidade limitada), além da já refletida na taxa de juros prometida.

Podemos ilustrar como incorporar o valor da flexibilidade financeira reavaliando a oportunidade de investimento original com financiamento do projeto (em que a empresa se resume apenas a esse projeto petrolífero). Consideremos, por exemplo, um financiamento por *venture capital* de um único projeto de uma companhia petrolífera. Suponhamos, inicialmente, que os investidores

de risco (ou compradores *junk bonds*) se contentem em fornecer recursos em troca de pagamentos fixos de dívida contratualmente prometidos e exijam um retorno de equilíbrio sobre títulos de risco comparável (já refletindo um prêmio pela opção de inadimplência) de 16,7%.^{10, 11}

Mais especificamente, suponhamos que $P_0^D = \$ 44$ do desembolso necessário imediato de $\$ 104$ sejam tomados em empréstimo contra os fluxos de caixa futuros do investimento a serem pagos com juros em dois anos à taxa de juros de equilíbrio prometida de 16,7% ao ano. O saldo de $F_0^E = \$ 60$ é fornecido pelos acionistas da empresa (ou seja, os empreendedores). Os acionistas, evidentemente, têm a opção de adquirir o valor da empresa (do projeto) V – que, neste meio tempo, “pertence” aos credores (neste caso, investidores em *venture capital*) –, honrando a dívida (com os juros cabíveis) como preço de exercício depois de dois anos. Assim, no ano 2, os acionistas somente pagarão o que devem aos credores ($D_2 = 44 \times 1,167 = 59,95$) se o valor do investimento superar o pagamento prometido, pois, do contrário, exercerão seu direito de responsabilidade limitada, deixando de fazer o pagamento (ou seja, abrirão mão dos ativos do projeto em favor dos credores sem receber nada em troca), ou $E_2 = \max(V_2 - D_2, 0)$. Assim, dependendo de se os preços do petróleo subirem nos dois anos (++), subirem em um e caírem em outro (+-), ou caírem nos dois anos (--), os direitos dos acionistas no ano 2 serão:

$$\begin{aligned} E_2^{++} &= \max(324 - 59,92, 0) = 264,08, \\ E_2^{+-} &= E_2^{-+} = \max(108 - 59,92, 0) = 48,08, \\ E_2^{--} &= \max(36 - 59,92, 0) = 0. \end{aligned}$$

O valor dos direitos dos acionistas no ano 1, dependendo de ter o mercado de petróleo subido ou caído, seria então, de acordo com o CCA:

$$\begin{aligned} E_1^+ &= \frac{pE_2^{++} + (1-p)E_2^{+-}}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 264,08 + 0,6 \times 48,08}{1,08} = 124,52, \\ E_1^- &= \frac{pE_2^{-+} + (1-p)E_2^{--}}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 48,08 + 0,6 \times 0}{1,08} = 17,81, \end{aligned}$$

Finalmente, retrocedendo ainda mais um passo e chegando ao ano 0, o valor presente da oportunidade de investimento em petróleo (com financiamento parcial por dívida) é de:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r)} - J_0^E = \frac{0,4 \times 124,52 + 0,6 \times 17,81}{1,08} - 60 = -4, \quad (17)$$

Esse valor (VPL ampliado, ou ajustado) é o mesmo que o VPL do projeto financiado inteiramente com patrimônio

nio líquido encontrado na equação (2), confirmando que o financiamento por dívida a taxa de juros de equilíbrio de 16,7% (que já reflete um prêmio pela opção de inadimplência dos acionistas) é uma transação de VPL zero.¹² Como, nesse caso, a taxa de juros prometida é um retorno de equilíbrio, o VPL do projeto não muda com a introdução de financiamento por dívida. A empresa remunera os credores antecipadamente por meio de um justo prêmio pela opção de inadimplência embutido na taxa de equilíbrio prometida e recebe, em troca, a flexibilidade financeira.

É claro que se os credores aceitassem uma taxa prometida menor de, digamos, 12%, que não incorporasse plenamente um justo prêmio pela opção de inadimplência, E_0 acima seria de -1,40, resultando em valor adicional para a flexibilidade financeira dos acionistas (resultante da opção de inadimplência) de $-1,40 - (-4) = 2,60$, ou cerca de 3% do valor bruto do investimento. Nesse caso, os efeitos potenciais de interação entre a flexibilidade operacional e a financeira podem ampliar ainda mais o montante da subestimativa causada pelas técnicas tradicionais de FCD. Consideremos, a seguir, a presença tanto de flexibilidade financeira (decorrente do direito de inadimplência que a responsabilidade limitada confere aos acionistas) e da opção de não realização operacional analisada anteriormente.

Interação potencial entre a flexibilidade de não realização operacional e inadimplência financeira

Suponhamos, agora, que $P_0 = \$ 44$ fossem tomados, como antes, de fontes de *venture capital* (ou pela emissão de *junk bonds*) para uso imediato como custo de investimento *start-up* em infra-estrutura, enquanto a contribuição patrimonial de \$ 60 possa ser desembolsada (com receita financeira) como uma “parcela” de investimento numa segunda etapa para a construção da planta de processamento no ano 1 (como $I^E_1 = 64,8$).¹³ Assim, os acionistas têm agora maior flexibilidade operacional para abandonar o projeto (optando por não desembolsar a “parcela de custo patrimonial”, I^E_1 , se ela superar o valor do projeto) no ano 1.

Mais uma vez, partindo do fim e retrocedendo, o valor dos direitos patrimoniais no ano 2 (com a quitação da dívida) se mantém inalterado, mas no ano 1 passa a ser o máximo entre seu valor no caso anterior (na ausência de desembolso para dar continuidade), menos o “custo patrimonial” I^E_1 agora devido, ou zero (se o projeto tiver um desempenho fraco e os acionistas não lhe derem continuidade), ou seja, $(E_1)' = \max(E_1 - I^E_1, 0)$:

$$(E_1^+)' = \max(124,52 - 64,8, 0) = 59,72 \text{ (continuar);}$$

$$(E_1^-)' = \max(17,81 - 64,8, 0) = 0 \text{ (abandonar).}$$

O valor do investimento (com flexibilidade operacional e financeira) é:

$$E_0' = \frac{p(E_1^+)' + (1-p)(E_1^-)'}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 59,72 + 0,6 \times 0}{1,08} = 22,12. \quad (18)$$

Assim, o valor incremental da opção de não realização operacional na presença de flexibilidade financeira é $22,12 - (-4) = 26,12$, ou cerca de um quarto do valor bruto do projeto, superando, em muito, o valor de 3% da opção operacional equivalente de não realização com financiamento inteiramente patrimonial da equação (16), acima. Isso confirma que o valor incremental de uma opção na presença de outras opções pode diferir significativamente se tomado isoladamente e que as opções de flexibilidade financeira e operacional podem interagir. Essas interações entre opções podem ser mais pronunciadas se os credores aceitarem uma taxa de juros menor do que o justo retorno em equilíbrio de 16,7%. Por exemplo, se a taxa de juros prometida fosse de apenas 12%, E_0' seria de 23,74, e o valor combinado da opção de não realizar investimentos planejados (determinado, separadamente, como cerca de 3% na equação (16)) com o da flexibilidade financeira adicional de não honrar a dívida (estimada, separadamente, como cerca de 3% na seção anterior) seria de aproximadamente 28%. Esse valor combinado supera, em muito, a soma do valor das opções separadamente, indicando a presença de uma substancial interação positiva (ou seja, $28\% > (3 + 3)\%$). Tais efeitos positivos de interação são típicos de situações como esta, em que há opções compostas.¹⁴

Opção de abandono dos investidores de *venture capital* (credores) por meio de financiamento escalonado

Até aqui, nós nos concentramos na opção financeira de inadimplência em relação aos pagamentos da dívida que cabe aos acionistas (empreendedores). Os investidores de risco, contudo, também podem desejar gerar uma opção de abandono do empreendimento para si, insistindo no fornecimento de financiamento escalonado ou seqüencial. Por exemplo, poderiam insistir em fornecer apenas metade dos \$ 44 solicitados, $P_0 = \$ 22$ (a serem pagos à taxa de 16,7%, resultando em \$ 29,96 em dois anos), sendo a parte remanescente (que se permitiria crescer à taxa de juros de 8% sem risco, $P_1 = \$ 22 \times 1,08 = 23,76$) fornecida no

ano seguinte na dependência de avanços bem-sucedidos nesse meio tempo. Após um primeiro estágio de sucesso, o segundo apresentaria menor risco, de maneira que uma taxa menor, de 12%, seria aceitável (resultando os \$ 23,76 em \$ 26,61 dentro de um ano). Os acionistas, portanto, também precisariam contribuir (com $F_0^E = 22$) para o custo inicial de \$ 44 da infra-estrutura ($I_0 = P_0 + F_0^E = 22 + 22$), além de ($F_1^E = 41,04$) para custo em potencial da unidade de processamento no segundo estágio, um ano depois ($I_1 = P_1 + F_1^E = 23,76 + 41,04$), se a tal tempo parecer vantajoso dar continuidade ao empreendimento.

Suponhamos que os investidores de risco somente optem por fornecer o financiamento da segunda etapa (à taxa menor de 12%) se a primeira etapa for bem sucedida (ou seja, após um estado “+” do preço do petróleo no período 1), mas do contrário optem por abandonar o empreendimento no meio do caminho. Nesse caso, o valor para os acionistas nos estados intermediários no ano 2 podem diferir, dependendo do sucesso aparente no primeiro ano. Ou seja, E_2^{++} seria diferente de E_2^{+-} , já que, no primeiro caso, os investidores receberiam \$ 26,61 pelo financiamento da segunda etapa, fornecidos após o sucesso da primeira, além dos \$ 29,96 do financiamento inicial. Assim,

$$E_2^{++} = \max(324 - (29,96 + 26,61), 0) = 267,43$$

$$E_2^{+-} = \max(108 - 56,57, 0) = 51,43$$

[sendo que, após um estado “-” no período 1, somente seria necessário pagar a dívida inicial:

$$E_2^{-+} = \max(108 - 29,96, 0) = 78,04$$

$$E_2^{--} = \max(36 - 29,96, 0) = 6,04]$$

Se não houvesse necessidade de desembolsos no período 1, o valor dos direitos dos acionistas seria:

$$E_1^+ = \frac{0,4 \times 267,43 + 0,6 \times 51,43}{1,08} = 127,62$$

$$(\text{sendo } E_1^- = \frac{0,4 \times 78,04 + 0,6 \times 6,04}{1,08} = 32,26).$$

Como os acionistas precisariam contribuir com $F_1^E = 41,04$ no período para que o empreendimento prosseguisse, o valor correto (revisto) seria o máximo entre o valor acima, na ausência de desembolsos, menos o “custo patrimonial” F_1^E e zero (se o empreendimento tiver fraco desempenho e for abandonado no meio do caminho), ou seja, $(E_1)^+ = \max(E_1 - F_1^E, 0)$:

$$(E_1^+)' = \max(127,62 - 41,04, 0) = 86,58,$$

mas quando $(E_1^-)' = 0$, após uma primeira etapa desapontadora, o empreendimento seria abandonado. Finalmente, o valor no tempo 0 dos direitos dos acionistas passa a ser:

$$E_0^E = \frac{p(E_1^+)' + (1-p)(E_1^-)'}{(1+r)} - I_0^E = \frac{0,4 \times 86,58 + 0,6 \times 0}{1,08} - 22 = 10,07. \quad (19)$$

Com isso, o valor das opções de não realização do patrimônio, compensados pela opção dos investidores de abandonar mediante a recusa do fornecimento do financiamento para a segunda etapa, é de $10,07 - (-4) = 14,07$, ou 14% do valor bruto do projeto. Esse valor é menor do que o valor de 26% da opção de não realização do patrimônio encontrado na subseção B, acima, sem a opção de abandono pelos investidores em *venture capital*. Portanto, estes estariam dispostos a pagar um prêmio de até \$ 12 (milhões) para preservar sua opção de abandono por meio de financiamento escalonado. Ainda assim, o valor acima (14) supera o encontrado anteriormente, onde a totalidade da quantia tomada em financiamento de \$ 44 era indiscutivelmente comprometida de início. No caso em tela, os investidores estão em melhor situação por conta de sua opção de abandono do empreendimento recusando-se a contribuir com o financiamento da segunda etapa em caso de maus resultados intermediários. Isso, por sua vez, permite que os acionistas obtenham melhores condições de financiamento, poupando, por exemplo, nas despesas financeiras.

De fato, como veremos adiante, estruturar a transação de financiamento em estágios contingenciais de modo que ela combine melhor com a resolução inerente da incerteza ao longo dos diferentes estágios do investimento pode ser benéfico para ambas as partes. Por exemplo, fornecer o financiamento patrimonial em etapas, em vez de em uma só vez no início, não só beneficiaria os investidores por meio da opção de abandono, mas também permitiria que os empreendedores levantassem capital patrimonial mais adiante com uma avaliação potencialmente mais favorável, resultando em menor diluição patrimonial. Mesmo após um estado intermediário ruim, os empreendedores (que dispõem, presumivelmente, de maiores informações e podem ainda acreditar que o projeto valha a pena) podem impedir o abandono do empreendimento pelos credores, negociando condições mais apropriadas de financiamento para a segunda etapa à luz de riscos maiores, gerando, com isso, ganhos mútuos ao solucionar os problemas subjacentes de agência ou subinvestimento. Em termos mais gerais, a flexibilidade de reavaliar ativamente, para mais ou para menos, as condições de um financiamento para que combine melhor com a evolução dos riscos operacionais do projeto, à medida que este passa por seus

diferentes estágios, cria valor em comparação com uma alternativa passiva em que as condições de financiamento estejam irremediavelmente contratadas desde o início, com informações menos completas. O valor criado pela solução parcial desse problema informacional por meio de condições de financiamento flexíveis e contingenciais pode ser benéfico para ambas as partes.

Financiamento misto (exigível e não exigível – *debt and equity*) de *venture capital*

Consideremos, agora, o caso em que os investidores financiam a totalidade do custo inicial de \$ 44, metade sob a forma de endividamento (a ser paga à taxa de 16,7%, como \$ 29,96 em dois anos) e metade em troca de uma participação de 22% no capital social da empresa.¹⁵ Assim, tanto o rendimento esperado total do patrimônio quanto o risco são divididos proporcionalmente (78/22%) entre os empreendedores e os investidores. O grupo de acionistas ainda faria uma contribuição inicial de $E_0 = 22$ (usando o caixa proporcionado pelos investidores em capital de risco em troca da participação acionária), e poderia incorrer em um desembolso patrimonial discricionário adicional de $E_1 = 64,8$ se o andamento do projeto fosse favorável. Nesse caso,

$$\begin{aligned} E_2^{++} &= \max(324 - 29,96, 0) = 294,04, \\ E_2^{+-} &= E_2^{-+} = \max(108 - 29,96, 0) = 78,04, \\ E_2^{--} &= \max(36 - 29,96, 0) = 6,04. \end{aligned}$$

Na falta de desembolso no período 1, o valor dos direitos dos acionistas no período 1 seria:

$$\begin{aligned} E_1^+ &= \frac{0,4 \times 294,04 + 0,6 \times 78,04}{1,08} = 152,26, \\ E_1^- &= \frac{0,4 \times 78,04 + 0,6 \times 6,04}{1,08} = 32,26. \end{aligned}$$

Ajustando para o desembolso discricionário de $E_1 = 64,8$ em caso de continuidade do projeto,

$$(E_1^+)' = \max(152,26 - 64,8, 0) = 87,46,$$

ou seja, continuar;

$$(E_1^-)' = \max(32,26 - 64,8, 0) = 0,$$

uma vez que os acionistas abandonariam o empreendimento. Finalmente, o valor no tempo 0 dos direitos combinados do grupo de acionistas (com flexibilidade de inadimplência) é:

$$E_0' = \frac{0,4 \times 87,46 + 0,6 \times 0}{1,08} = 32,4. \quad (20)$$

Os empreendedores receberiam 78% desse valor líquido de \$ 32,4, ou \$ 25,27 (milhões). Isso representa um ganho sobre o valor de \$ 22,12 do comprometimento inicial de capital inteiramente advindo de dívida, dado pela equação (18) (assim como se comparado ao valor de \$ 10,07 no caso anterior de financiamento escalonado integralmente por dívida da equação (19), que confere aos investidores uma opção de abandono). Note-se ainda que este caso de financiamento misto dívida-patrimônio resulta em valor bruto do investimento (após o acréscimo dos custos de 104) de \$ 136,4. Desse valor total, 22%, ou \$ 30, iriam para os investidores (em troca de seu investimento patrimonial inicial de \$ 22). Os investidores também se vêem em melhor situação em caso de financiamento escalonado por dívida (se comparado a um comprometimento inicial de capital), uma vez que teriam melhor controle sobre parte de seus recursos, especialmente em caso de resultados intermediários desalentadores.

Se o financiamento por *venture capital* também for proporcionado em estágios, a redução das incertezas operacionais (à medida que o projeto avança para estágios mais adiantados) e o maior valor para os investidores em capital de risco após uma primeira etapa bem-sucedida, podem resultar em menor diluição patrimonial para os empreendedores. Suponhamos, por exemplo, que os investidores em capital de risco mais uma vez forneçam os primeiros \$ 22 sob a forma de dívida, mas adiem a decisão de contribuir com o restante (\$ 23,76 em um ano) em troca de uma participação acionária a ser determinada dependendo de sucesso intermediário no ano seguinte. Os valores patrimoniais no ano 2 se manteriam como indicado acima e os do período 1 se alterariam apenas na medida em que agora $E_1 = 41,04$ (uma vez que 23,76 do desembolso discricionário de 64,8 no ano 1 serão agora proporcionados pelos investidores em capital de risco em troca de participação acionária se o primeiro estágio for bem sucedido). Assim,

$$\begin{aligned} (E_1^+)' &= \max(152,26 - 41,04, 0) = 111,22 \text{ (continuar),} \\ (E_1^-)' &= 0 \text{ (abandonar).} \end{aligned}$$

Se, dependendo de um sucesso na primeira etapa, os investidores puderem receber uma participação acionária de 13,5% em troca de sua contribuição de \$ 23,76, os empreendedores obteriam, então 86,5% de \$ 111,22 ou \$ 96,2 no estado “bom”. Assim, o valor para os empreendedores a tempo 0 seria:

$$E_0^* = \frac{0,4 \times 96,2 + 0,6 \times 0}{1,08} - 22 = 13,63. \quad (21)$$

Isso supera o valor de \$ 10,07 da equação (19), obtido com financiamento escalonado integralmente por dívida, sendo que a diferença de \$ 3,56 representa uma poupança devida à menor diluição que resulta do arranjo contingencial mais flexível. Assim, seqüenciar o investimento patrimonial não só beneficiaria os investidores em capital de risco (ao gerar uma opção de abandono), mas também permitiria que os empreendedores levantassem capital mais adiante com uma avaliação mais favorável. Esses resultados confirmam que as duas partes podem se beneficiar se a transação de financiamento for organizada de maneira flexível, de modo a melhor combinar com a evolução dos riscos e da avaliação do projeto operacional.

SUMÁRIO, CONCLUSÕES E AVANÇOS

Após uma abrangente revisão temática da evolução das opções reais, este artigo ilustrou, por meio de exemplos simples, como quantificar o valor de diversos tipos de opções operacionais embutidas em investimentos de capital, seja para ampliar o potencial de *upside* (através de opções de diferimento ou expansão, por exemplo), seja para reduzir o risco de *downside* (por meio de opções de abandono pelo valor residual ou uso alternativo e de não-realização de desembolsos escalonados planejados, por exemplo). Apontamos, ainda, diversas direções úteis para pesquisas futuras, inclusive mais aplicações e problemas de implementação, estudos empíricos e de campo, ampliações teóricas que combinem a teoria das opções com análise bayesiana para modelar o aprendizado, com teoria dos jogos para modelar interações competitivas e estratégicas e com teoria da agência/assimetria informacional para modelar/corrigir o mau-uso da liberdade administrativa, e as interações entre flexibilidade operacional e financeira.

Dando um primeiro passo nessa última direção, ampliamos a análise na presença de alavancagem no contexto de *venture capital* e examinamos o ganho potencial de valor para o acionista decorrente da flexibilidade financeira, partindo da opção dos acionistas de inadimplência em relação a pagamentos da dívida que decorre da responsabilidade limitada. Também se examinou o impacto benéfico do escalonamento do financiamento de *venture capital* em parcelas, criando com isso uma opção de abandono para o credor, e do uso de um *mix* de financiamento por dívida e patrimônio. O escalonamento do financiamen-

to pode ser benéfico não apenas para os investidores (ao preservar uma opção de abandono), mas também para os empreendedores, uma vez que permite condições de financiamento potencialmente melhores em estágios mais avançados. No financiamento por dívida em estágios posteriores, por exemplo, essas melhores condições podem ser obtidas sob a forma de menores custos financeiros. Se o financiamento em etapa mais adiantada fosse fornecido na forma de participação acionária baseada no valor de mercado do projeto, tal como revelado num estágio intermediário, os empreendedores poderiam se beneficiar sofrendo menor diluição patrimonial quando da avaliação de um maior valor do projeto na realocação de direitos num estado intermediário “bom”. Mesmo num estado intermediário “ruim”, os empreendedores ainda poderiam sair ganhando se pudessem impedir um abandono iminente do empreendimento (admitindo que acreditem que valha a pena persistir) pelos investidores em capital de risco, renegociando condições mais apropriadas à luz dos maiores riscos (seja oferecendo uma maior participação acionária, ou uma maior taxa de juros).

A opção de reavaliar ativamente as condições de uma transação de financiamento à medida que as incertezas operacionais do projeto se resolvem ao longo de sucessivas etapas é claramente valiosa se comparada a uma alternativa passiva, em que as condições de financiamento estejam irrevogavelmente travadas desde o início, na presença de informações menos completas. Embutir flexibilidade em uma transação de financiamento pode determinar se o empreendimento continuará e, eventualmente, se terá sucesso ou fracassará quando o desempenho intermediário deixar de atender às expectativas iniciais.

Assim, ao contrário do que se costuma presumir, o valor de uma transação de investimento pode não depender apenas do montante, do momento e do risco operacional de seus fluxos de caixa mensuráveis. Os resultados operacionais futuros de um projeto podem ser afetados por decisões futuras (por parte dos acionistas ou dos investidores), dependendo das opções operacionais ou financeiras criadas ou inerentes e da maneira como a transação é financiada (por exemplo, escalonamento do financiamento ou alocação de fluxos de caixa entre os titulares da dívida e do capital social).

Nesses casos, as interações entre as decisões operacionais e financeiras de uma empresa podem ser bastante significativas, como exemplificou o caso típico de *venture capital* ou capital empreendedor. Essas interações tendem a ser mais pronunciadas em investimentos ou oportunidades de crescimento grandes, incertos, de longa duração e em múltiplos estágios, especialmente quando há finan-

ciamento externo (principalmente dívida) em múltiplos estágios envolvidos. Entender essas interações e delinear uma transação de financiamento adequada que reconheça seu verdadeiro valor, ao mesmo tempo em que mantenha uma flexibilidade suficiente para refletir melhor a evolução dos riscos operacionais de um projeto à medida que avança por suas várias etapas, pode fazer a diferença entre sucesso e fracasso. A avaliação por opções pode, assim, ser uma ferramenta de especial utilidade para gestores e estrategistas corporativos, fornecendo uma abordagem coerente e unificada à incorporação do valor das opções reais e financeiras associadas às decisões combinadas de investimento e financeiras da empresa.

NOTAS

- Partes do Quadro 1 foram adaptadas de Baldwin e Trigeorgis (1993).
- Alternativamente, os gestores têm a opção de obter o valor do projeto V (líquido de custos fixos, I_F) menos custos variáveis (I_V), ou encerrar as atividades e receber o valor do projeto menos a receita de caixa renunciada no ano em questão (C), ou seja, $\max(V - I_V, V - C) - I_F = (V - I_F) - \min(I_V, C)$. Esta última expressão implica que a opção de não operar permite aos gestores adquirir o valor do projeto (líquido de custos fixos) pagando o mínimo entre o custo variável (se o projeto for bem e os gestores decidirem operar) ou as receitas de caixa (que serão sacrificadas se o projeto tiver fraco desempenho e a administração decidir não operar).
- Trigeorgis e Mason (1987) usam um exemplo semelhante para mostrar como a avaliação por opções pode ser considerada operacionalmente uma versão especial, ainda que economicamente correta, da análise por árvore de decisões (DTA), que reconhece oportunidades de negociação e tomada de empréstimos no mercado aberto.
- Deste ponto em diante, admitimos que todos os valores do projeto estejam em milhões (eliminando, assim, a expressão “milhões”).
- Como observamos, a idéia central é a de que a administração seja capaz de replicar o *payoff* aos acionistas, comprando um número especificado de ações do “ativo gêmeo” e financiando a compra, em parte, com a tomada de uma quantia específica à taxa livre de risco, r . Essa capacidade de construir um direito “sintético” ou uma carteira equivalente/réplica (a partir do “ativo gêmeo” e das letras livres de risco) com base em princípios de equilíbrio na ausência de arbitragem permite que a solução do valor atual do direito patrimonial seja independente das probabilidades efetivas (de 0,5, neste caso) ou das atitudes dos investidores quanto ao risco (a taxa esperada de retorno do ativo gêmeo ou a taxa de desconto, $k = 0,20$).
- Isso confirma o valor bruto do projeto, $V_0 = 100$, obtido anteriormente pelo FCD tradicional com a probabilidade efetiva ($q = 0,5$) e a taxa de desconto ajustada ao risco ($k = 0,20$).
- Essa premissa tem por objetivo tornar a análise algo mais realista e sem variação com relação à composição da estrutura de custo, não sendo crucial para a análise.

8. O exemplo acima confirma que o CCA é operacionalmente idêntico à análise por árvore de decisões (DTA), sendo que a principal diferença está no fato de que as probabilidades são transformadas para permitir o uso de uma taxa de desconto livre de risco. Vale observar, contudo, que o valor por FCD/DTA de aguardar pode diferir daquele dado pelo CCA. A abordagem FCD/DTA, nesse caso, irá superestimar o valor da opção se a descontar à taxa constante de 20% exigida de títulos de risco comparável ao do projeto “pelado” (passivo):

$$E_0 = \frac{qE + (1-q)E^-}{(1+k)} = \frac{0,5 \times 67,68 + 0,5 \times 0}{1,20} = 28,20.$$

Novamente, o erro da abordagem tradicional por DTA decorre do uso de uma só taxa de desconto ajustada ao risco (ou uma taxa constante). Direitos assimétricos sobre um ativo não apresentam o mesmo risco (e, portanto, a mesma taxa de retorno esperado) que o ativo-objeto em si. O CCA corrige esse erro por meio da transformação das probabilidades.

9. Admitimos aqui, em nome da simplicidade, que o valor do projeto em seu uso atual e em seu melhor uso alternativo (ou como valor residual) estejam perfeita e positivamente correlacionados. Evidentemente, quanto menor a correlação entre V e A , maior o valor da opção de alternar o uso.

10. Ver em Sahlman (1988) uma boa discussão qualitativa dos esquemas de financiamento por *venture capital*. Mauer e Triantis (1992) apresentam outro tratamento das interações dinâmicas entre as decisões de financiamento e investimento corporativos, em que se referem à flexibilidade financeira como a capacidade de ajustar o nível de endividamento da empresa ao longo do tempo (recapitalização).

11. Além dos pagamentos contratados da dívida (ou das ações preferenciais) (a uma elevada taxa obrigatória), os investidores em capital de risco desejam parte de sua remuneração sob a forma de uma participação percentual no capital social da empresa (ou sob a forma de *warrants*). Alguns investidores em capital de risco (especialmente no contexto de *leveraged buyouts*), contudo, podem preferir colocar seus recursos sob a forma de dívida, não de ações ordinárias, uma vez que isso lhes permite exercer controle mais efetivo sobre o investimento por meio das condições mínimas (*covenants*) da dívida, em vez do poder de voto das ações. O principal da dívida também pode representar um mecanismo melhor para uma recuperação isenta de impostos do capital no caso de jovens empresas de capital fechado que pode não ser factível com ações até que a empresa abra seu capital. Inicialmente, consideraremos aqui o caso mais simples do financiamento integral por dívida em *venture capital*, mas trataremos, mais adiante, de financiamento misto de dívida-patrimônio por investidores em capital de risco.

12. O retorno de equilíbrio de 16,7% exigido pelos credores, que leva em consideração a opção de inadimplência da empresa ao precificar a dívida, pode ser determinado como a taxa de juros prometida (r_D) derivada do valor nominal da dívida a ser paga ao fim de dois períodos (B) e do valor atual da dívida ($D_0 = P_0 = \$ 44$). O valor nominal da dívida, B , é o montante que satisfaz a condição de que o *payoff* descontado terminal esperado pelos credores em cada estado (D_2) sob valoração neutra quanto ao risco seja igual ao montante da dívida atual, ou seja, $\sum p^i D_2 / (1+r)^2 = 44$, onde o *payoff* terminal aos credores é o mínimo entre o valor nominal da dívida e o valor da empresa quando da inadimplência, $D_2 = \min(B, V_2)$. No exemplo acima, no período terminal 2:

$$D_2^+ = \min(B, 324) = B,$$

$$D_2^- = D_2^+ = \min(B, 108) = B,$$

$$D_2^- = \min(B, 36) = 36.$$

O valor dos direitos dos credores retrocedendo ao ano 1 é, portanto:

$$D_1^+ = \frac{pD_2^+ + (1-p)D_2^{+-}}{(1+r)} = \frac{0,4B + 0,6B}{1,08} = \frac{B}{1,08},$$

$$D_1^- = \frac{pD_2^+ + (1-p)D_2^{--}}{(1+r)} = \frac{0,4B + 0,6 \times 36}{1,08}.$$

Finalmente, retrocedendo ainda mais um passo ao ano 0:

$$D_0 = \frac{pD_1^+ + (1-p)D_1^-}{(1+r)}, \text{ ou } 44 = \frac{0,4B + 0,6(0,4B + 21,6)}{1,08^2},$$

resultando em $B = 59,94$. Partindo de $D_0(1+r_D)^2 = B$ com $D_0 = 44$, isso implica que $r_D = 16,7\%$. O fato de que o VPL do projeto se mantém inalterado com o financiamento por dívida na equação (17) confirma ser esta a taxa de equilíbrio que precifica de maneira justa a opção de inadimplemento.

13. Observar que este caso é idêntico ao da não realização operacional discutido anteriormente neste artigo, com a diferença de que o desembolso inicial vem de dinheiro emprestado.

14. Ver, também, a natureza das interações entre opções reais em Trigeorgis (1993).

15. Observar que os \$ 22 comprometidos representam, agora, 22% do valor bruto do projeto de \$ 100, admitindo um retorno exigido de 20% sobre uma posição acionária de risco comparável.

Artigo originalmente publicado por Lenos Trigeorgis, sob o título "Real Options and Interactions with Financial Flexibility", na *Financial Management*, outubro, p.202-224, 1993. Reproduzido em língua portuguesa com autorização de ©Financial Management Association. Tampa, FL 33620-5500, USA. Fone (813) 974-2084. www.fma.org

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, R. Justifying investment in flexible manufacturing technology. *Managerial Finance*, v. 17, n. 2/3, p. 77-85, maio 1991.
- ANG, J. S.; DUKAS, S. Capital budgeting in a competitive environment. *Managerial Finance*, v. 17, n. 2/3, p. 6-15, maio 1991.
- BALDWIN, C. Optimal sequential investment when capital is not readily reversible. *Journal of Finance*, v. 37, v. 2, p. 763-782, jun. 1982.
- BALDWIN, C. Competing for capital in a global environment. *Midland Corporate Finance Journal*, v. 5, n. 1, p. 43-64, spring, 1987.
- BALDWIN, C.; CLARK, K. Capabilities and capital investment: new perspectives on capital budgeting. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 5, n. 2, p. 67-87, summer, 1992.
- BALDWIN, C.; CLARK, K. Modularity and real options. Working paper, Harvard Business School, Boston, Massachusetts, 1993.
- BALDWIN, C.; RUBACK, R. Inflation, uncertainty, and investment. *Journal of Finance*, v. 41, n. 3, p. 657-669, jul. 1986.
- BALDWIN, C.; TRIGEORGIS, L. Toward remedying the underinvestment problem: competitiveness real options, capabilities, and TQM. Working paper n. 93-025. Harvard Business School, Boston, Massachusetts, 1993.
- BARONE-ADESI, G.; WHALEY, R. Efficient analytic approximation of America option values. *Journal of Finance*, v. 42, n. 2, p. 301-320, jun. 1987.
- BELL, G. Volatile exchange rates and the multinational firm: entry, exit, and capacity options. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- BJERKSUND, P.; EKEM, S. Managing investment opportunities under price uncertainty: from 'last chance' to 'wait and see' strategies. *Financial Management*, p. 65-83, autumn, 1990.
- BJERKSUND, P.; EKERN, S. Contingent claims evaluation of mean-35. Reverting cash flows in shipping. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, n. 3, p. 637-659, maio/jun. 1973.
- BOYLE, P. Options: a Monte Carlo approach. *Journal of Financial Economics*, v. 4, n. 3, p. 323-338, mai. 1977.
- BOYLE, P. A Lattice framework for pricing de options with two state variables. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 23, n. 1, p. 1-12, mar. 1985.
- BREALEY, R.; MYERS, S. C. *Principles of Corporate Finance*. 4th Ed. New York: McGraw-Hill, 1991. Cap. 21.
- BRENNAN, M. The pricing of contingent claims in discrete time models. *Journal of Finance*, v. 34, n. 1, p. 53-68, mar. 1979.
- BRENNAN, M.; SCHWARTZ, B. Finite difference methods and jump processes arising in the pricing of contingent claims: a synthesis. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 13, n. 3, p. 461-474, set. 1978.
- BRENNAN, M.; SCHWARTZ, E. Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, v. 58, n. 2, p. 135-157, abr. 1985.
- BRENNAN, M.; SCHWARTZ, E. A new approach to evaluating natural resource investments. *Midland Corporate Finance Journal*, v. 3, n. 1, p. 37-47, spring, 1985.
- CAPOZZA, D.; SICK, G. Risk and return in land markets. Working paper. British Columbia, Canadá: University of British Columbia, 1992.
- CARR, P. The valuation of sequential exchange opportunities. *Journal of Finance*, v. 43, n. 5, p. 1235-1256, dez. 1988.

- CHUNG, K.; CHAROENWONG, C. Investment options, assets in place, and the risk of stocks. *Financial Management*, v. 20, n. 3, p. 21-33, autumn, 1991.
- CONSTANTINIDES, G. Market risk adjustment in project valuation. *Journal of Finance*, v. 33, n. 2, p. 603-616, mai. 1978.
- COPELAND, T.; WESTON, J. F. A note on the evaluation of cancelable operating leases. *Financial Management*, v. 11, n. 2, p. 60-67, summer, 1982.
- COX, J.; ROSS, S. The valuation of options for alternative stochastic processes. *Journal of Financial Economics*, v. 3, n. 1, p. 145-166, jan. 1976.
- COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Options pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 3, p. 229-263, set. 1979.
- COX, J.; INGERSOLL, J.; ROSS, S. An intertemporal general equilibrium model of asset prices. *Econometrica*, v. 53, n. 2, p. 363-384, mar. 1985.
- DEAN, J. *Capital Budgeting*. New York: Columbia University Press, 1951.
- DIXIT, A. Entry and exit decisions under uncertainty. *Journal of Political Economy*, v. 97, n. 3, p. 620-638, jun. 1989.
- GESKE, R. The valuation of compound options. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 1, p. 63-81, mar. 1979.
- GESKE, R.; JOHNSON, H. The American put option valued analytically. *Journal of Finance*, v. 39, n. 5, p. 1511-1524, dez. 1984.
- GESKE, R.; SHASTRI, K. Valuation by approximation: a comparison of alternative option valuation techniques. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 20, n. 1, p. 45-71, mar. 1985.
- HARRISON, J. M.; KREPS, D. M. Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets. *Journal of Economic Theory*, v. 20, n. 3, p. 381-408, jun. 1979.
- HAYES, R.; ABERNATHY, W. Managing our way to economic decline. *Harvard Business Review*, v. 58, n. 4, p. 66-77, jul./ago. 1980.
- HAYES, R.; GARVIN, D. Managing as if tomorrow mattered. *Harvard Business Review*, v. 60, n. 3, p. 71-79, mai./jun. 1982.
- HENDRICKS, D. Optimal policy responses to an uncertain threat: the case of global warming. Working paper. Kennedy School of Government, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1991.
- HERTZ, D. Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, v. 79, n. 2, p. 95-106, jan./fev. 1964.
- HIRAKI, T. Corporate governance, long-term investment orientation, and real options in Japan. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- HODDER, J. Evaluation of manufacturing investments: a comparison of U.S. and Japanese practices. *Financial Management*, v. 15, n. 1, p. 17-24, spring, 1986.
- HODDER, J.; RIGGS, H. Pitfalls in evaluating risky projects. *Harvard Business Review*, v. 63, n. 1, p. 128-135, jan./fev. 1985.
- HULL, J. *Options, Futures, and Other Derivative Securities*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989. Cap. 9.
- HULL, J.; WHITE, A. The use of the control variate technique in option pricing. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 23, n. 3, p. 697-705, set. 1988.
- INGERSOLL, J.; ROSS, S. Waiting to invest: investment and uncertainty. *Journal of Business*, v. 65, n. 1, p. 1-29, jan. 1992.
- JOHNSON, H. Options on the maximum or the minimum of several assets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 22, n. 3, p. 277-284, set. 1987.
- KAMRAD, B.; ERNST, R. Multiproduct manufacturing with stochastic input prices and output yield uncertainty. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- KASANEN, E. Creating value by spawning investment opportunities. *Financial Management*, v. 22, n. 3, p. 251-258, autumn, 1993.
- KASANEN, E.; TRIGEORGIS, L. A market utility approach to investment valuation. *European Journal of Operational Research*, special issue, 1993.
- KEMNA, A. Case studies on real options. *Financial Management*, v. 22, n. 3, p. 259-270, autumn, 1993.
- KENSINGER, J. Adding the value of active management into the capital budgeting equation. *Midland Corporate Finance Journal*, v. 5, n. 1, p. 31-42, spring, 1987.
- KESTER, W. C. Today's options for tomorrow's growth. *Harvard Business Review*, v. 62, n. 2, p. 153-160, mar./abr. 1994.
- KESTER, W. C. Turning growth options into real assets. In: AGGARWAL, R. (Ed.). *Capital Budgeting Under Uncertainty*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993. p. 187-207.
- KOGUT, B.; KULATILAKA, N. Operating flexibility, global manufacturing, and the option value of a multinational network. *Management Science*, v. 40, n. 1, p. 123-139, 1993.
- KOLBE, A. L.; MORRIS, P. A.; TEISBERG, E. O. When choosing R&D projects, go with long shots. *Research-Technology Management*, v. 34, n. 1, p. 35-40, jan./fev. 1991.
- KULATILAKA, N. Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems. *IEEE Transactions in Engineering Management*, v. 35, n. 4, p. 250-257, 1988.
- KULATILAKA, N. The value of flexibility: the case of a dual-fuel industrial steam boiler. *Financial Management*, v. 22, n. 3, p. 271-280, autumn, 1993.
- KULATILAKA, N. The value of flexibility: a general model of real options. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.

LENOS TRIGEORGIS

- KULATILAKA, N. Operating flexibilities in capita budgeting: substitutability and complementarity in real options. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- KULATILAKA, N.; MARCUS, A. A general formulation of corporate operating options. *Research in Finance*, v. 7, p. 183-200, 1988.
- KULATILAKA, N.; MARCUS, A. Project valuation under uncertainty: when does DCF fail? *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 5, n. 3, p. 92-100, fall, 1992.
- KULATILAKA, N.; MARKS, S. The strategic value of flexibility: reducing the ability to compromise. *American Economic Review*, v. 78, n. 3, p. 574-580, jun. 1985.
- KULATILAKA, N.; PEROTTI, E. Strategic investment timing under uncertainty. Working paper. Boston University, Boston, Massachusetts, 1992.
- KULATILAKA, N.; TRIGEORGIS, L. The general flexibility to switch: real options revisited. *International Journal of Finance*, v. 6, n. 2, p. 778-798, dez. 1993.
- LAI, V. S.; TRIGEORGIS, L. The capital budgeting process: a review and synthesis. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- LAUGHTON, D. G.; JACOBY, H. D. Reversion, timing options, and long-term decision-making. *Financial Management*, v. 22, n. 3, p. 225-240, autumn, 1993.
- LEE, W.; MARTIN, J.; SENCHACK, A. The case for using options to evaluate salvage values in financial leases. *Financial Management*, v. 11, n. 3, p. 33-41, autumn, 1982.
- MAGEE, J. How to use decision trees in capital investment. *Harvard Business Review*, v. 42, n. 4, p. 126-138, set./out. 1964.
- MAJD, S.; PINDYCK, R. Time to build, option value, and investment decisions. *Journal of Financial Economics*, v. 18, n. 1, p. 7-27, mar. 1987.
- MARGRABE, W. The value of an option to exchange one asset for another. *Journal of Finance*, v. 33, n. 1, p. 177-186, mar. 1978.
- MASON, S. P.; BALDWIN, C. Evaluation of government subsidies to large-scale energy projects: a contingent claims approach. *Advances in Futures and Options Research*, v. 3, p. 169-181, 1988.
- MASON, S. P.; MERTON, R. C. The role of contingent claims analysis in corporate finance. In: ALTMAN, E.; SUBRAHMANYAM, M. (Eds.). *Recent Advances in Corporate Finance*. Homewood, IL: Richard D. Irwin, 1985. p. 7-54.
- MAUER, D.; TRIANTIS, A. Interactions of corporate financing and investment decisions: a dynamic framework. Working paper. University of Wisconsin-Madison, Wisconsin, 1992.
- MCCONNELL, J.; SCHALLHEIM, J. Valuation of asset leasing contracts. *Journal of Financial Economics*, v. 12, n. 2, p. 237-261, ago. 1983.
- MCDONALD, R.; SIEGEL, D. Option pricing when the underlying asset earns a below-equilibrium rate of return: a note. *Journal of Finance*, v. 39, n. 1, p. 261-265, mar. 1984.
- MCDONALD, R.; SIEGEL, D. Investment and the valuation of firms when there is an option to shut down. *International Economic Review*, v. 26, n. 2, p. 331-349, jun. 1985.
- MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics*, v. 101, n. 4, p. 707-727, nov. 1986.
- MCLAUGHLIN, R.; TAGGART, R. The opportunity cost of using excess capacity. *Financial Management*, v. 21, n. 2, p. 12-23, summer, 1992.
- MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, v. 4, n. 1, p. 141-183, spring, 1973.
- MØRCK, R.; SCHWARTZ, E.; STANGELAND, D. The valuation of forestry resources under stochastic prices and inventories. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 24, n. 4, p. 473-487, dez. 1989.
- MYERS, S. C.; Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, v. 5, n. 2, p. 147-176, nov. 1987.
- MYERS, S. C. Finance theory and financial strategy. *Midland Corporate Finance Journal*, v. 5, n. 1, p. 6-13, spring, 1987.
- MYERS, S. C.; MAJD, S. Abandonment value and project life. *Advances in Futures and Options Research*, v. 4, p. 1-21, 1990.
- PADDOCK, J.; SIEGEL, D.; SMITH, J. Option valuation of claims on physical assets: the case of offshore petroleum leases. *Quarterly Journal of Economics*, v. 103, n. 3, p. 479-508, ago. 1988.
- PINDYCK, R. Irreversible investment: capacity choice, and the value of the firm. *American Economic Review*, v. 78, n. 5, p. 969-985, dez. 1988.
- PINDYCK, R. Irreversibility, uncertainty, and investment. *Journal of Economic Literature* v. 29, n. 3, p. 1110-1148, set. 1991.
- QUIGG, L. Empirical testing of real option-pricing models. *Journal of Finance*, v. 48, n. 2, p. 621-640, jun. 1993a.
- QUIGG, L. Optimal land development. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: new contributions*. New York: Praeger, 1993b.
- ROBERTS, K.; WEITZMAN, M. Funding criteria for research, development, and exploration projects. *Econometrica*, v. 49, n. 5, p. 1261-1288, set. 1981.
- RUBINSTEIN, M. The valuation of uncertain income streams and the pricing of options. *Bell Journal of Economics*, p. 407-425, autumn, 1976.
- SAHLMAN, W. Aspects of financial contracting in venture capital. *Journal of Applied Corporate Finance*, p. 23-36, 1988.

- SICK, G. *Capital Budgeting With Real Options*. Monograph. New York University, Salomon Brothers Center, 1989.
- SIEGEL, D.; SMITH, J.; PADDOCK, J. Valuing Offshore Oil Properties with Option Pricing Models, *Midland Corporate Finance Journal*, p. 22-30, spring, 1987.
- SMITH, H. T. J.; ANKUM, A. A real options and game-theoretic approach to corporate investment strategy under competition. *Financial Management*, p. 241-250, autumn 1993.
- SMIT, K.W. TRIANTIS, A. The value of options in strategic acquisitions. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: new contributions*. New York: Praeger, 1993.
- STENSLAND, G.; TJOSTHEIM, D. Some applications of dynamic programming to natural resource exploration In: LUND, D.; OKSENDAL, B. (Eds.). *Stochastic Models and Option Values*. Amsterdam, 1990.
- STULZ, R. Options on the minimum or the maximum of two risky assets: analysis and applications. *Journal of Financial Economics*, p. 161-185, jul. 1982.
- TEISBERG, E. Methods for evaluating capital investment decisions under uncertainty. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: new contributions*. New York: Praeger, 1993.
- TEISBERG, E. An option valuation analysis of investment choices by a regulated firm. *Management Science*, v. 40, n. 4, p. 535-548, 1993.
- TITMAN, S. Urban land prices under uncertainty. *American Economic Review*, p. 505-514, jun. 1985.
- TOURINHO, O. The option value of reserves of natural resources. Working paper n. 94. University of California at Berkeley, California, 1979.
- TRIANSTIS, A.; HODDER, J. Valuing flexibility as a complex option. *Journal of Finance*, p. 549-565, jun. 1990.
- TRIGEORGIS, L. A conceptual options framework for capital budgeting. *Advances in Futures and Options Research*, p. 145-167, 1988.
- TRIGEORGIS, L. A real options application in natural resource investments. *Advances in Futures and Options Research*, p. 153-164, 1990.
- TRIGEORGIS, L. Valuing the impact of uncertain competitive arrivals on deferrable real investment opportunities. Working paper. Massachusetts: Boston University, 1990.
- TRIGEORGIS, G. Anticipated competitive entry and early preemptive investment in deferrable projects. *Journal of Economics and Business*, p. 143-156, mai. 1991.
- TRIGEORGIS, L. A log-transformed binomial numerical analysis method for valuing complex multi-option investments. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, p. 309-326, set. 1991.
- TRIGEORGIS, L. Evaluating leases with a variety of operating options. Working paper. Massachusetts: Boston University, 1992.
- TRIGEORGIS, L. The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, p. 1-20, mar. 1993.
- TRIGEORGIS L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: New Contributions*. New York: Praeger, 1993.
- TRIGEORGIS, L. *Options in Capital Budgeting: managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.
- TRIGEORGIS, L.; KASANEN, E. An integrated options-based strategic planning and control model. *Managerial Finance*, p. 16-28, mai. 1991.
- TRIGEORGIS, L.; MASON, S. P. Valuing managerial flexibility. *Midland Corporate Finance Journal*, p. 14-21, spring, 1987.
- WILLIAMS, J. Real estate development as an option. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, p. 191-208, jun. 1991.
- WILLNER, R. Valuing start-up venture growth options. In: TRIGEORGIS, L. (Ed.). *Real Options in Capital Investment: new contributions*. New York: Praeger, 1993.

Artigo convidado. Aprovado em 02.04.2007.

Lenos Trigeorgis

Professor de Finanças do Department of Public and Business Administration, Faculty of Economics and Management, University of Cyprus.

Interesses de pesquisa nas áreas de finanças corporativas, estrutura de capital, opções e futuros, competição e estratégia.

E-mail: lenos@ucy.ac.cy

Endereço: P. O. Box 20537, CY-1678, Nicosia (Lefkosia) – Cyprus.