

Teoria de opções reais: uma perspectiva para a valoração econômica do meio ambiente sob incerteza

Valuation of the economic environment under uncertainty
through the real options theory

Glaucia de Paula Falco¹

Faculdade Machado Sobrinho, Brasil
glaupf@terra.com.br

Joyce Gonçalves Altaf¹

Faculdade Machado Sobrinho, Brasil
jgaltaf@yahoo.com.br

Irene Raguene Troccoli²

Universidade Estácio de Sá, Brasil
irene.troccoli@estacio.br

Marley Maria Vellasco³

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil
marley@ele.puc-rio.br

Juan Guilherme Lazo³

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil
juan@ele.puc-rio.br

Resumo. Com o processo de deterioração crescente da natureza e das condições naturais para a sobrevivência humana, o tema ambiental deixou de ser assunto somente da teoria econômica e entranhou-se também em outras áreas de pesquisa, bem como na sociedade atual. Entretanto, a avaliação econômica dos recursos naturais que compõem o meio ambiente, por meio das atuais técnicas de valoração tradicionalmente usadas, desconsidera uma série de incertezas presentes no valor destes recursos, o que naturalmente implica uma subestimação dos valores monetários calculados pelas mesmas. Esta situação pode ser contornada por meio do uso dos conceitos-chave da teoria de opções reais, já que

Abstract. With the process of growing deterioration of nature and of the natural conditions for human survival, the environmental issue is no longer a subject only of economic theory, but is also considered in other research areas, as well as in contemporary society. However, the economic valuation of natural resources through the current valuation techniques traditionally ignores a number of uncertainties in the value of these goods, thus naturally implying an underestimation of the calculated values. This can be circumvented through the use of the key concepts of the real options theory, since its logic allows one to inherently include in the assessment of natural resources and in the analysis of investments

¹ Faculdade Machado Sobrinho. Rua Pedro Celeste, s/n, Bairro Cruzeiro do Sul, 36030-140, Juiz de Fora, MG, Brasil.

² Universidade Estácio de Sá. Av. Presidente Vargas, 642, 22º andar, 20071-001, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, 22451-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

sua lógica permite incluir intrinsecamente, na avaliação dos recursos naturais, bem como na análise de investimentos, as incertezas associadas ao uso do meio ambiente ou até mesmo à sua preservação. Assim, o propósito deste estudo é apresentar os conceitos que são a base da teoria de opções reais, e sua relação com o meio ambiente, como forma de suprir algumas das deficiências das atuais técnicas de valoração ambiental.

Palavras-chave: meio ambiente, opções reais, incertezas, irreversibilidade.

the uncertainties associated with the use of the environment or even with its preservation. Thus, the purpose of this study is to present the concepts that are the basis of the real options theory and its relation to the environment as a way to address some of the shortcomings of current techniques of environmental valuation.

Keywords: environment, real options, uncertainty, irreversibility.

JEL Classification: C00

1 Introdução

A preocupação com o ativo ambiental sempre existiu no âmbito da teoria econômica, que buscou associar a natureza com a economia. Desde o século XVI, encontram-se registros dessa tentativa, inicialmente por Willia Petty em 1662, passando pelo fisiocrata François Quesnay em 1758, por Malthus em 1789, por Ricardo em 1817, por Marshall em 1890, e chegando até o economista Arthur C. Pigou em 1920, que introduziu o conceito de externalidades (Carvalho e Aguiar, 2008).

No século XVII, a ciência econômica já buscava formas de determinar o valor da terra. Com o processo de deterioração crescente da natureza e das condições naturais para a sobrevivência humana, o tema ambiental deixou de ser assunto somente da teoria econômica e entranhou-se também em outras áreas de pesquisa, bem como na sociedade atual. A Economia Ambiental surgiu em 1950 quando uma organização independente, a *Resources for the Future*, realizou diversas pesquisas econômicas enfocadas nos aspectos ambientais (Gazoni, 2007).

À medida que o interesse pelo meio ambiente aumentou, naturalmente uma das questões que surgiram foi a necessidade de quantificar as perdas/ganhos associadas à sua preservação e à sua degradação. Deste interesse apareceram os vários métodos de valoração econômica do meio ambiente que tentam explicitar a multifuncionalidade, em bases monetárias, dos ativos naturais nas suas funções ecossistêmica, econômica e recreativa.

A valoração de um ativo ambiental pode ser entendida como o ato de atribuir um valor monetário às variáveis do meio ambiente, embora não se pretenda, com isso, atribuir-lhes um preço, pois não se trata de mercadorias (Benakouche e Cruz, 1994; Mota, 2006).

É pertinente ressaltar que valorar monetariamente os recursos ambientais não significa colocá-los à venda por um preço, mas sim estabelecer um valor que funcione como um indicador representativo de sua importância econômica e do bem-estar social. Este “valor” funcionará apenas como um denominador comum entre o meio ambiente e os demais bens e serviços disponíveis e transacionados nos mercados.

Além disso, o valor monetário permitirá quantificar os impactos que as atividades econômicas vêm causando na capacidade de suporte e de resiliência dos ativos naturais (Mota, 2006). Desta forma, a definição de um “valor” para os ativos naturais possibilita que medidas preventivas contra a degradação ambiental sejam implementadas.

Deve-se lembrar que os orçamentos públicos e privados são limitados e que existe uma grande demanda não satisfeita com respeito aos investimentos em educação, em saúde e em saneamento básico, entre outros tipos de serviços. Por este motivo, a decisão de investir em implantação e em manutenção de parques, de bosques e de áreas verdes concorre com outros tipos de investimentos em infraestrutura. Portanto, somente com a mensuração monetária dos benefícios e dos custos associados aos recursos naturais é que os recursos privados e públicos e a satisfação social poderão ser alocados de forma a garantir uma maximização dos ganhos para a sociedade (Hildebrand *et al.*, 2002).

Logo, o valor monetário para os recursos naturais é de suma importância como ferramenta para auxiliar a tomada de decisão, por permitir contabilizar os custos e os benefícios associados; daí a grande necessidade de se ter uma técnica universalmente aceita e reconhecida cientificamente.

Vale ressaltar que qualquer análise de valoração ambiental crível jamais poderá aconte-

cer de maneira isolada. É imprescindível que a totalidade da pesquisa seja orientada pelo conhecimento de vários cientistas ambientais (biólogos, advogados, sociólogos, economistas, engenheiros, ambientalistas, psicólogos, historiadores e demais pesquisadores de áreas afins) na tentativa de se obter uma estimativa confiável do “valor” para determinado recurso natural. Isso ocorre devido ao caráter interdisciplinar e multidisciplinar que norteia o problema da valoração.

2 As técnicas tradicionais de avaliação do meio ambiente

Conforme a literatura econômica, o valor do meio ambiente é composto por quatro parcelas distintas: “valor de uso direto”, “valor de uso indireto”, “valor de opção” e “valor de existência” (Benakouche e Cruz, 1994; Pearce e Turner, 1991).

A parcela do “valor de uso direto” pode ser obtida diretamente pelos preços de mercado, pois relaciona o recurso ambiental com a atividade econômica. São exemplos do uso direto a receita obtida com a pesca, com a caça, com a venda de madeira, com o lazer e com o turismo, entre outros. O “valor de uso indireto” diz respeito aos benefícios de um maior bem-estar decorrente do equilíbrio proporcionado pelas condições naturais do ambiente. O “valor de opção” se refere à decisão de preservar no presente para consumir no futuro; é o adiamento do consumo por esta geração em prol das próximas gerações. O “valor de existência” pode ser definido a partir do valor intrínseco do bem natural, que traduz o desejo altruísta dos indivíduos em garantir o recurso, sendo influenciado por questões morais, éticas e culturais.

Existem três metodologias principais propostas pela ciência econômica para avaliação dos recursos naturais, que aparecem recorrentemente nos trabalhos científicos, e que se dedicam a realizar a valoração ambiental: o Método da Valoração Contingente (MVC), o Método do Custo da Viagem (MCV) e o Método de Preços Hedônicos (MPH).

Para aplicar o MVC, é preciso simular o mercado hipoteticamente por meio de questionários, tentando extrair do entrevistado a sua disposição a pagar (DAP) para manter as atuais disponibilidades de recursos naturais.

Por meio dos questionários, também é possível extrair a disposição a receber (DAR) dos indivíduos para aceitarem uma diminuição na quantidade de ativos ambientais.

No caso do MCV, observa-se a demanda pela atividade recreacional de uma determinada região e os custos em que o visitante incorre para usufruir das amenidades⁴ deste recurso (Motta, 1997a).

Quanto ao MPH, sua aplicação mais comum utiliza os preços dos imóveis como uma variável *proxy* do valor dos bens naturais de uma certa localidade: quanto maior o valor do imóvel, mantendo tudo o mais constante, maior o valor dos atributos ambientais circundantes ao imóvel considerado (Motta, 1997b; Souza *et al.*, 2006).

No caso, tanto o MCV quanto o MPH se utilizam dos mercados de bens complementares (respectivamente, os gastos realizados com a viagem até o local em que o recurso se encontra e o valor dos imóveis) para definir o valor dos recursos.

Todas estas técnicas, apesar de partirem de suposições válidas para a avaliação do meio ambiente, são insuficientes para capturar todos os aspectos envolvidos no problema da valoração econômica do meio ambiente. Além disso, os métodos não permitem averiguar explícita e objetivamente todas as parcelas do valor. Isto acontece porque, entre as limitações destes métodos, estão as falhas ao desconsiderarem as incertezas associadas a um determinado uso do recurso e até mesmo as incertezas associadas à preservação (Motta, 1997b). Também a irreversibilidade da ação no ambiente não é contabilizada pelos métodos tradicionais de avaliação.

Para superar algumas das deficiências das atuais técnicas de valoração, a abordagem pela teoria de opções, que tem ampla aplicação em análise de investimentos, permite incorporar interessantes conceitos para a valoração econômica do meio ambiente.

3 Aspectos teóricos da teoria de opções reais no contexto da valoração econômica do meio ambiente

Dixit e Pindyck (1994) são alguns dos autores de referência em teoria de opções reais e entendem que uma área não desenvolvida

⁴ O termo amenidades significa o “encanto” de uma determinada área. Trata-se de um substantivo abstrato. Neste trabalho, a amenidade traduz uma interseção entre os conceitos de valor de uso indireto e valor de existência.

– ou seja, conservada/preservada – pode ser vista como uma “opção de investir em desenvolvimento”. Um exemplo citado pelos mesmos se refere às áreas ambientais para a construção dos projetos de energia elétrica. Estes projetos se utilizam de grandes e irreversíveis investimentos, mas existem consideráveis incertezas quanto ao seu retorno. Algumas destas incertezas estão nos preços dos combustíveis, na demanda por eletricidade, nas regulações ambientais e nos custos das tecnologias alternativas para atender as regulações. Todos estes fatores devem ser levados em conta na avaliação da decisão de degradar um ambiente natural em favor do desenvolvimento econômico decorrente do projeto. Fato que as técnicas tradicionais apresentadas na seção anterior não permitem incorporar e, portanto, não consideram.

De acordo com Forsyth (2000), a abordagem da teoria das opções é bem apropriada para avaliar investimentos que se relacionam com os recursos ambientais. Neste caso, para o mesmo autor, devido às decisões estarem associadas a algum tipo de irreversibilidade e a incertezas, além de o *timing* do investimento quase sempre ser flexível, a teoria das opções possibilita realizar uma abordagem do problema de forma mais adequada.

Conforme avalia Conrad (1999), os recursos naturais podem ser distinguidos em duas categorias: os renováveis e os não renováveis. Um recurso é renovável se a sua taxa de crescimento acontece num intervalo de tempo relevante para o seu gerenciamento. Por outro lado, se um recurso leva de 80 a 100 anos para se renovar, por exemplo como acontece com algumas espécies arbóreas, então este recurso pode ser considerado um bem não renovável. A mesma ideia é considerada por Arrow e Fisher (1974), que associam o conceito de irreversibilidade ao tempo que a natureza exige para se regenerar de um dano sofrido. Quanto maior o tempo requerido, mais irreversíveis são considerados os efeitos de um impacto.

Em se tratando de decisões irreversíveis, um aspecto-chave na alocação dos recursos naturais é a definição de o quanto extrair hoje e de o quanto deixar para as gerações futuras, considerando a capacidade de regeneração e de renovação do ativo e, portanto, o grau de irreversibilidade associado ao seu uso. A irreversibilidade se relaciona com o problema de alocação ótima dos recursos no tempo (Conrad, 1980, 1999). Para este tipo de questão, é necessário estabelecer as perdas e os ganhos

decorrentes da preservação e do uso alternativo dos recursos.

De acordo com Conrad (1980) e com Basili (1997), ao se levarem em conta a irreversibilidade da mudança no meio ambiente e as incertezas no uso do recurso natural, estes dois aspectos criam um valor na opção de adiar a ação ou o uso. Esta parcela de valor presente na decisão de preservar é denominada valor de *quasi*-opção.

No entanto, o valor líquido exato da preservação é impossível de ser determinado (Forsyth, 2000). A razão desta afirmação pode ser encontrada em Pindyck (1999), uma vez que, em projetos de investimentos que envolvam bens naturais, há certas peculiaridades a serem consideradas: (i) a irreversibilidade do investimento, já que a irreversibilidade da decisão tem um custo de oportunidade que deve ser considerado; (ii) a possibilidade de adiamento da decisão de investir e os benefícios da espera; (iii) a escolha do momento ótimo para a utilização do bem ambiental; e (iv) as incertezas.

Ressalta-se que os métodos tradicionais apresentados na seção 2 ignoram por completo estes quatro itens mencionados. Tal fato sugere que a avaliação destes projetos pelas técnicas convencionais tradicionalmente usadas (tais como a análise custo-benefício, a análise custo-utilidade e a análise custo-eficiência) são inconsistentes e podem gerar distorções. Assim, a abordagem por opções reais permite fazer uma modelagem mais adequada do problema, por considerar endogenamente as incertezas envolvidas, a irreversibilidade da escolha, a possibilidade de adiamento da decisão e o valor de *quasi*-opção.

4 Incerteza e flexibilidade

A teoria moderna de análise de investimento se utiliza dos conceitos de opções reais a fim de aproximar o processo decisório da empresa da realidade de mercado. De acordo com Dixit e Pindyck (1994), o investimento sob incerteza envolve características como irreversibilidade, incerteza e *timing*. Todo investimento é ao menos parcialmente irreversível, dado que parte do seu custo inicial pode ser considerado um custo afundado. Isto significa que, ao longo do período de desenvolvimento do projeto, se a alternativa mais viável for suspender a decisão de financiar o investimento, parte do que foi gasto não pode ser recuperado. Logo, a opção de esperar para investir é muito valiosa, já que a espera é reversível. Portanto, em muitas

situações, a teoria tradicional de investimento que pressupõe as decisões na forma “agora ou nunca” pode não ser o melhor critério para nortear a decisão do empresário.

A incerteza se caracteriza pela falta de controle sobre a forma como os eventos irão acontecer no futuro. Mesmo que se tenha uma previsão sobre o comportamento destes eventos, não se pode definir exatamente quando e em qual intensidade tais eventos acontecerão. O agente precisa tomar sua decisão com as informações que tem disponíveis no momento. É inegável que as incertezas futuras fazem parte do cenário atual de decisão, mas a teoria de finanças convencional aborda a decisão de investir em um contexto estático.

Existem três tipos de incertezas a serem consideradas na avaliação de um projeto: econômica, técnica e estratégica. A incerteza econômica refere-se aos fatores como crises internacionais, guerras, variações climáticas que afetam a produção agrícola, chegada de novas tecnologias, entre outras. Quanto a esse tipo de incerteza, aprende-se esperando e não investindo. A incerteza técnica é endógena ao processo de decisão e está relacionada com os movimentos macroeconômicos. A opção de investir reduz esta incerteza, pois se aprende investindo. A incerteza estratégica refere-se às decisões das demais empresas no mercado. Neste caso, investir ou esperar depende de como as outras firmas se comportam.

Em relação às incertezas diversas relacionadas aos bens naturais, algumas podem ser mencionadas:

- (i) Incerteza econômica: refere-se ao fato de os impactos de um investimento ou de uma política ambiental serem incertos. Não se pode garantir como a agricultura, a pesca, o turismo e a rotina de vida da população serão afetados pelo projeto realizado.
- (ii) Incerteza ecológica: existe incerteza na forma como o ambiente (fauna, vegetação, ar, temperatura, acidez das águas e solo) será impactado. Aí se incluem também as incertezas quanto ao tempo de recuperação da área afetada.
- (iii) Incerteza quanto ao melhor uso do recurso ambiental: normalmente são ignoradas as melhores escolhas de uso para o recurso natural que estão relacionadas com as circunstâncias do momento.
- (iv) Incertezas nas mudanças tecnológicas: mudanças tecnológicas podem acontecer e, por exemplo, reduzir o tem-

po de recuperação do meio ambiente para uma degradação sofrida.

- (v) Redução da incerteza pela revelação da informação: quando se decide pela degradação e pelo uso dos recursos naturais de uma determinada área, se um projeto de uso alternativo anterior já foi feito em outra área com características semelhantes, a incerteza diminui no próximo investimento devido à revelação da informação acontecida com o primeiro projeto. A chegada de novas informações reduz a incerteza em investimentos sequenciais.
- (vi) Incertezas nos benefícios de se utilizar o bem ambiental *versus* benefícios advindos da preservação.
- (vii) Incerteza no próprio “valor de existência” do recurso ao se considerar que este valor tem uma relação com aspectos morais e culturais que se modificam no decorrer dos anos.

Na concepção de Dixit e Pindyck (1994), é muito raro um investimento ser do tipo “agora ou nunca”. Em geral pode-se observar o mercado e aguardar por novas informações. Isso significa que se deve comparar o custo de adiar o início do projeto com os benefícios da espera.

Ao se ignorar qualquer dos três fatores mencionados (irreversibilidade, incerteza e *timing*), tal como faz a teoria de finanças tradicional, a decisão fica comprometida, pois a flexibilidade permitida ao agente nas suas escolhas é desconsiderada.

A flexibilidade nas decisões é uma realidade no mundo dos negócios, ainda que a abordagem financeira tradicional não a considere e nem a quantifique. O ambiente empresarial é caracterizado por mudanças rápidas, por incertezas e por competição intensa. Com o passar do tempo, novas informações chegam, e as empresas reavaliam as suas estratégias de acordo com as novas condições de mercado. Portanto, o comportamento racional do investidor contradiz a hipótese de uma gestão passiva, como pressupõe a teoria financeira tradicional (Keswani e Shackleton, 2006).

No caso das questões ambientais, a flexibilidade da ação é particularmente importante, pois, segundo Pindyck (1999) os investimentos que envolvem bens naturais possuem certas peculiaridades envolvidas, tais como:

- (i) a irreversibilidade do investimento (a irreversibilidade da decisão tem um custo de oportunidade que deve ser considerado);

- (ii) a possibilidade de adiamento da decisão de investir *versus* os benefícios da espera;
- (iii) a escolha do momento ótimo para a utilização do bem ambiental;
- (iv) a presença de incertezas.

Neste contexto, a flexibilidade da ação representa um valor na espera, pois esta é sempre reversível, como anteriormente mencionado.

A possibilidade de rever o curso ótimo das ações conforme novas condições se estabelecem é chamada de flexibilidade gerencial. Em teoria, essa flexibilidade deve expandir o valor da oportunidade do investimento, na medida em que aumenta o potencial de ganhos e limita as perdas relacionadas a um gerenciamento passivo (Minardi, 2004). Quanto ao conceito de flexibilidade gerencial, este significa considerar formalmente na modelagem um aspecto que é bastante intuitivo na prática: as decisões estratégicas são revisadas ao longo do tempo se as condições iniciais em que o projeto foi avaliado se alteram.

Como a abordagem convencional ignora as flexibilidades, há uma subavaliação do projeto. Nesta brecha, empreendedores e estrategistas encontram espaço para fazerem surgir novas teorias que complementam a teoria convencional, estendendo-a para uma abordagem mais prática: a teoria de opções reais.

Todos os aspectos destacados nesta seção (incertezas, flexibilidade e *timing* para a ação) são desconsiderados pelas técnicas que atualmente estão sendo usadas para valorar o meio ambiente. Mas a teoria de opções reais fornece conceitos e ferramentas capazes de introduzi-los explicitamente na modelagem do “valor monetário”. Lembra-se que avaliar os recursos naturais e conhecer o seu valor é um aspecto essencial para se avaliar os usos alternativos ao estado de conservação.

5 Definindo a teoria das opções reais

Para iniciar o estudo da teoria das opções reais, é válido estabelecer sua analogia com a teoria das opções financeiras, uma vez que a teoria das opções foi desenvolvida inicialmente nos mercados financeiros e, posteriormente, foi relacionada com as oportunidades de investimento em ativos reais (Dixit e Pindyck, 1994).

As opções financeiras são títulos derivativos escritos sobre ações, sobre índices de bolsas, sobre *commodities*, sobre taxa de juros futura, sobre câmbio e sobre contratos futuros, entre outros. As opções reais são conceitos

relacionados às oportunidades de investimentos em ativos reais, tais como a construção de uma indústria, a expansão ou a contração da sua capacidade de produção, entre outras possibilidades.

As opções são avaliadas quando existe incerteza no preço do ativo básico. Para exemplificar, um seguro de automóvel e um plano de saúde são contratos de opção, pois ambos permitem ao segurado a opção de usar o montante segurado se ocorrer um sinistro ou uma necessidade (Minardi, 2004).

As opções reais tentam modelar a flexibilidade gerencial intrínseca ao mundo real. O investidor racional modifica as suas decisões quando o cenário se altera frente às condições inicialmente previstas. Isso significa que as escolhas mudam e a teoria financeira tradicional, ao desconsiderar essa mudança, subavalia o projeto.

Apesar das críticas feitas aos pressupostos da teoria de finanças convencional, é pertinente mencionar que os seus conceitos são válidos, mas devem ser utilizados com cuidado caso o projeto em análise tenha um alto grau de incerteza e permita flexibilidades ao investidor. Quando a incerteza for pequena e existir pouca flexibilidade para o agente agir, a análise pelo VPL, por exemplo, pode ser aplicada sem problemas (Keswani e Shackleton, 2006; Dixit e Pindyck, 1994).

Trigeorgis (1996) faz uma conexão entre a teoria tradicional e a teoria das opções por meio da equação (1) a seguir. Nesta equação é possível observar como as duas teorias se complementam e não se substituem. O VPL expandido é assim denominado por este autor por considerar o valor das flexibilidades.

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{tradicional}} + \text{Valor}_{\text{flexibilidade gerencial}} \quad (1)$$

↓ ↓

teoria de finanças tradicional conceitos básicos da teoria de opções

De acordo com Copeland e Antikarov (2001), a análise do VPL é essencial na teoria de opções reais, pois, assim como ocorre na teoria tradicional, a teoria de OR avalia fluxos de caixa descontados a valor presente.

A grande falha dos métodos financeiros clássicos é não reconhecerem as flexibilidades gerenciais e não introduzi-las nos seus modelos. Isso tende a subestimar o valor do projeto. Do ponto de vista teórico, as opções devem ser administradas otimamente para agregar valor

ao projeto. Portanto, espera-se que o $VPL_{\text{expandido}}$ seja maior que o $VPL_{\text{tradicional}}$. O $VPL_{\text{expandido}}$ reflete a expansão na oportunidade de investimento caracterizada pela introdução do valor da opção operacional ou estratégica.

Quando um VPL , pela teoria tradicional, for muito alto, provavelmente a presença de opções terá um pequeno valor relativo, uma vez que dificilmente serão exercidas. No outro extremo, se o VPL for muito negativo, raramente a existência de opções tornará o projeto viável (Dixit e Pindyck, 1994). Desta forma, somente quando o VPL estiver próximo de zero o valor das flexibilidades de reação adicionará valor ao investimento. Assim, a teoria de opções reais é pertinente quando a incerteza é alta e se existe espaço para a flexibilidade gerencial (Copeland e Antikarov, 2001).

Uma diferença importante entre opções reais e opções financeiras é que o primeiro caso se refere a um bem real e, por isso, elas necessitam de determinado tempo para serem obtidas, enquanto as opções financeiras, como as ações de uma empresa, podem ser obtidas imediatamente. Para as opções reais, não existe um mercado para negociá-las, e os projetos que as consideram podem assumir, inclusive, valores negativos. Para as opções financeiras existem mercados e seus valores serão sempre positivos.

6 A teoria de opções na literatura dos recursos ambientais

A literatura da teoria das opções reais mostra sua aplicação também no contexto de avaliação dos recursos econômicos que, especificamente, se relacionam com o conceito de conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. Neste sentido, sabe-se que o sistema socioeconômico e ecológico evolui, e, devido às variáveis aleatórias do problema, esta evolução é dita estocástica. Isso significa que encontrar um estado de equilíbrio para descrever essa evolução é improvável ou mesmo impossível (Conrad, 1997).

Em ecologia, a evolução de duas ou mais espécies interagindo no tempo chama-se coevolução. Uma vez que não é adequado realizar-se tratamento determinístico da evolução dos sistemas, a coevolução torna-se um problema de simulação estocástica, pois fenômenos biológicos, naturais e de extinção das espécies ocorrem aleatoriamente, e a capacidade do planeta em suportar estes acontecimentos se altera com a ocorrência destes fenômenos (Conrad, 1997).

Assim, com os conceitos absorvidos pela teoria das opções reais, pode-se incorporar uma questão essencial às análises acerca do uso dos recursos naturais: as decisões relacionadas ao uso da natureza podem ser irreversíveis, fato que as técnicas de valoração atuais ignoram. Por exemplo, a questão sobre o quanto de recurso consumir hoje apenas faz sentido quando se considera a possibilidade – ou seja, a escolha – de adiar a decisão de extrair, ou não, o recurso natural. Desta forma, a abordagem pela teoria das opções é mais apropriada para avaliar decisões que assumem a irreversibilidade de uma ação e a incerteza nos benefícios futuros desta ação, por levar em conta o valor de *quasi*-opção (Forsyth, 2000).

A escolha de o quanto consumir no presente deverá contabilizar os custos e os benefícios de se adiar o consumo de hoje para o futuro, a fim de deixar uma quantidade maior de recursos à disposição das gerações futuras. Diante disso, observa-se a estreita relação criada por Conrad (1997, 1980) entre os conceitos da teoria das opções e o termo desenvolvimento sustentável. Conrad (1997) admite a presença de fatores estocásticos na decisão de uso do recurso natural e a irreversibilidade de uma ação em prol do desenvolvimento.

A noção da irreversibilidade da decisão é amplamente debatida por Henry (1974). Segundo este autor, uma decisão é irreversível se, quando tomada, reduz a possibilidade de escolhas no futuro. Como exemplo de uma decisão irreversível, o caso da catedral de Notre Dame na França serve como ilustração: supondo que se tenha que decidir entre preservá-la ou demolí-la e construir um parque, a decisão de preservá-la não é irreversível, pois em qualquer outro momento pode-se repensar outro projeto alternativo à catedral. Mas a decisão de destruí-la é irreversível. Portanto, a flexibilidade na escolha entre fazer a ação hoje ou no futuro torna-se extremamente valiosa.

Observa-se que uma decisão é menos irreversível (portanto, mais reversível) à medida que não afeta as possibilidades de escolhas no futuro. Contudo, se a escolha hoje é demolir Notre Dame e construir um parque, nunca mais se terá a opção de conservá-la. Assim, esta é uma decisão irreversível.

Outro exemplo empregado por Henry (1974) se relaciona com as escolhas de um agricultor sobre o tipo de semente que plantará em suas terras. Nesta ilustração, a decisão do fazendeiro não é irreversível porque o conjunto de possibilidades para os próximos anos não

é alterado. No futuro, pode-se novamente decidir qual semente plantar. No entanto, se a decisão em questão for destruir uma floresta e aumentar a área disponível para o cultivo, isso pode ser considerado uma decisão irreversível. Neste caso, também há um grande valor na flexibilidade da ação.

Em geral, existem diferentes graus de irreversibilidade associados a uma decisão de interesse (Henry, 1974). A irreversibilidade e a transformação do meio ambiente geram perda de perpetuidade nos benefícios da preservação, que são os custos de oportunidade do desenvolvimento.

Conforme discutido por Arrow e Fisher (1974), e posteriormente por outros autores, uma falha dos estudos atuais que avaliam a deterioração ambiental tem sido tratar fenômenos estocásticos como determinísticos. Em seu trabalho, Arrow e Fisher (1974) exploram as implicações das incertezas nos custos e nos benefícios ambientais de algumas atividades econômicas e avaliam que a existência de custos ambientais reduz os benefícios líquidos da atividade econômica.

Se as informações dos custos e dos benefícios das alternativas de preservação e de desenvolvimento no primeiro período mudam as expectativas dos valores destas duas possibilidades – ou seja, preservação e desenvolvimento – no próximo período, então os benefícios do desenvolvimento da área em análise serão reduzidos. Logo, uma região menor será desenvolvida. Tal fato ocorre porque os custos ambientais no período inicial reduzem os benefícios econômicos do uso e do desenvolvimento nos períodos seguintes.

7 Algumas aplicações da teoria de opções para avaliações ambientais

Existem algumas contribuições teóricas que procuram apresentar uma forma ótima de distribuir o consumo intertemporal do estoque fixo dos recursos naturais. Fisher *et al.* (1972) é um destes trabalhos. Nesta pesquisa, os autores salientaram a importância de distinguir dois tipos de custos ambientais na alocação ótima de recursos. Os autores consideram duas situações específicas:

- (i) Custos da poluição, para os quais há uma ampla variedade de trabalhos;
- (ii) Custos das transformações e perda do meio ambiente em decorrência do desmatamento ou do desenvolvimento de uma hidrelétrica.

De fato, estas duas situações representam uma distinção válida, já que, quando se avalia a poluição, o foco, geralmente, é analisar os custos econômicos de se adotar políticas que permitirão reduzir as emissões de gases poluentes para a atmosfera. Por outro lado, quando se avalia um projeto de uma hidrelétrica ou de um desmatamento florestal, um dos objetivos é verificar os custos e os benefícios da preservação ambiental e do desenvolvimento do projeto (construção da hidrelétrica, por exemplo). Assim, a decisão ótima é determinada considerando todos os períodos posteriores à escolha. Desta forma, é possível avaliar o custo de oportunidade de se destruir áreas naturais.

Fisher *et al.* (1972) observaram em seu trabalho que a quantidade de recursos naturais disponíveis é decrescente com o passar do tempo. Esta é uma constatação preocupante devido à irreversibilidade de muitas transformações ambientais. Neste estudo, os autores desenvolveram um modelo de alocação ótima entre preservação e desenvolvimento dos recursos naturais. O modelo foi aplicado à decisão de construir uma hidrelétrica no Hells Canyon (ao longo do Rio Snake no continente da América do Norte) ou preservar a área para recreação e outras atividades.

Arrow e Fisher (1974) verificaram que a existência de incertezas pode reduzir os benefícios líquidos da atividade econômica que possui custos ambientais. Foi observado ainda que os retornos da opção de desenvolvimento são menores e decrescentes com o tempo em relação à alternativa de preservação e recreação devido à noção de irreversibilidade da mudança. Por outro lado, a opção de preservação é uma decisão reversível em qualquer momento. Segundo os autores, a diferença real entre as duas alternativas deve-se à irreversibilidade.

No raciocínio apresentado por Arrow e Fisher (1974), é colocado um modelo com dois períodos. Assume-se que, para qualquer quantidade de desenvolvimento planejada no primeiro período, esta decisão pode ser revisada no início do segundo período (quando se têm mais informações a respeito dos benefícios alcançados no primeiro período). Também, em virtude da incerteza nos benefícios do desenvolvimento, é melhor “errar” pelo lado de menos desenvolvimento do que por mais desenvolvimento em uma área. Diante disto, o resultado é que, sob incerteza, é menos provável que a área seja desenvolvida.

Apesar disso, Arrow e Fisher (1974) declaram que o fato de uma ação ter efeitos irre-

versíveis não significa que a mesma não deva ser empreendida. O efeito da irreversibilidade é reduzir os benefícios, os quais deverão ser balanceados com os custos da ação. Assim, a questão essencial em se tratando da irreversibilidade da ação é que os benefícios esperados de uma decisão irreversível devem ser ajustados para refletir a perda de opções no futuro.

As implicações da irreversibilidade do investimento, abordada por Pindyck (1991) e posteriormente por Dixit e Pindyck (1994), possibilitaram observar que em decisões tomadas sob incerteza e irreversibilidade existe um valor positivo que gera o conceito de valor de *quasi*-opção, que é o valor na opção de adiamento do uso (Fisher *et al.*, 1972; Dixit e Pindyck, 1994).

Outros trabalhos interessantes de serem citados como exemplo de como a teoria de opções tem focado os recursos naturais podem ser Pindyck (2001); Conrad (1980); Cotazar *et al.* (1998); Rocha *et al.* (2006), que avaliam a quantidade de poluição e a emissão de CO₂. A decisão de corte de florestas pode ser vista nos trabalhos de Insley (2002); Morck *et al.* (1989); Conrad (1997); Forsyth (2000). Vale destacar o trabalho de Kassari e Lassere (2002) que trazem uma abordagem diferenciada no uso de opções reais em bens naturais. Neste estudo, os autores avaliam como uma indústria farmacêutica deve escolher entre dois princípios ativos para a produção de seus medicamentos. É considerado que as duas espécies naturais possíveis de serem usadas na fabricação de um medicamento são substituídas uma da outra. A escolha leva em conta os custos associados ao uso de cada uma delas, a irreversibilidade do uso contínuo de uma única espécie e a incerteza no valor futuro das mesmas.

8 Conclusão

Este trabalho teve por objetivo apresentar os conceitos da teoria de opções reais, que permite incorporar à análise conceitos como incertezas, irreversibilidade, flexibilidade, para suprir algumas das limitações das atuais técnicas de avaliação econômica do meio ambiente – ou seja, como a alternativa para modelar as incertezas presentes no problema da valoração. Atualmente as técnicas de valoração não fazem este tipo de abordagem. Neste sentido, os dois conceitos-base da teoria de opções que devem ser incorporados à valoração são a flexibilidade da ação e a irreversibilidade

da mudança. Os métodos de avaliação hoje utilizados, ao ignorarem estes dois aspectos na apuração do valor econômico dos recursos ambientais, vêm provocando sérias distorções no processo de tomada de decisão e de gerenciamento dos recursos ambientais.

A inclusão de um valor associado à flexibilidade da ação e à irreversibilidade pode ajudar a esclarecer uma questão-chave em decisões de investimentos que degradam o meio ambiente: até quando a preservação seria a decisão ótima para a sociedade em termos de manter o processo de desenvolvimento econômico e a evolução da humanidade?

A teoria de opções reais tem relevantes conceitos intrínsecos que permitem definir o valor econômico do meio ambiente sob incerteza. Há muitas incertezas presentes na avaliação do meio ambiente que não podem ser desconsideradas.

As limitações de introduzir os mencionados conceitos nas atuais técnicas de valoração referem-se à elevação dos custos para a avaliação econômica do meio ambiente e à necessidade de profissionais devidamente qualificados das mais distintas áreas envolvidas no processo da valoração, além de um período de tempo maior até que seja possível apresentar o valor econômico do meio ambiente. No entanto, não há dúvidas de que os resultados serão mais compatíveis com a realidade. Essa constatação deverá ser tema de trabalhos futuros.

Referências

- ARROW, K.J.; FISHER, A.C. 1974. Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility. *The Quarterly Journal of Economics*, 88(2):312-319. <http://dx.doi.org/10.2307/1883074>
- BASIL, M. 1997. *Quasi-Option Value and Hard Uncertainty*. Siena, Università degli Studi di Siena, 8 p.
- BENAKOUCHE, R.; CRUZ, R.S. 1994. *Avaliação monetária do meio ambiente*. São Paulo, Ed. Makron Books, 198 p.
- CARVALHO, A.M.R.; AGUIAR, M.A.A. 2008. A importância da economia e da contabilidade na gestão dos recursos hídricos: Estudo de Caso no Sudoeste Goiano. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, Rio Branco, 1994. *Anais...* Rio Branco, p. 1-17.
- CASAROTTO FILHO, D.; KOPITKE, B.H. 2000. Análise de investimento. 9ª ed., São Paulo, Ed. Atlas, 472 p.
- CONRAD, J.M. 1980. Quasi-option and Consumer's Surplus: Further Comment. *Quarterly Journal of Economics*, 85(3):528-539. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00557-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00557-5)

- CONRAD, J.M. 1997. On the Option Value of Old-growth Forest. *Ecological Economics*, 22:97-102.
- CONRAD, J.M. 1999. *Resource Economics*. Cambridge University Press, 210 p.
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511814587>
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. 2001. *Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos*. São Paulo, Ed. Campus, 320 p.
- COTAZAR, G.; SCHWARTZ, E.; SALINAS, M. 1998. Evaluating Environmental Investments: A Real Options Approach. *Management Science*, 44(8):1059-1070.
<http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.44.8.1059>
- DIXIT, A.; PINDYCK, R. 1994. *Investment under Uncertainty*. Princeton, Princeton University Press, 468 p.
- FISHER, A.C.; KRUTILLA, J.V.; CICHETTI, C.J. 1972. The Economics of Environmental Preservation: A Theoretical and Empirical Analysis. *The American Economic Review*, 62(4):605-619.
- FORSYTH, M. 2000. On Estimating the Option Value of Preserving a Wilderness Area. *Canadian Journal of Economics*, 33(2):413-434.
<http://dx.doi.org/10.1111/0008-4085.00022>
- GAZONI, J.L. 2007. Viagem aos comuns: valoração econômica da utilidade turística dos recursos ambientais de Itaúnas, Conceição da Barra/ES. *Turismo – Visão e Ação*, 9(3):305-324.
- HENRY, C. 1974. Investment Decisions under Uncertainty: The “Irreversibility Effect”. *The American Economic Review*, 64(6):1006-1012.
- HILDEBRAND, E.; GRAÇA, L.; HOEFELICH, V. 2002. “Valoração Contingente” na avaliação econômica de áreas verdes urbanas. *Revista Floresta*, 32(1):121-132.
- INSLEY, M. 2002. A Real Options Approach to the Valuation of a Forestry Investment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44:471-492. <http://dx.doi.org/10.1006/jeem.2001.1209>
- KASSAR, I.; LASSERRE, P. 2002. *Species Preservation and Biodiversity value: A Real Options Approach*. Scientifics series. Montréal.
- KESWANI, A.; SHACKLETON, M.B. 2006. How Real Option Disinvestment Flexibility Augments Project NPV. *European Journal of Operational Research*, 168:240-252.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.02.028>
- MINARDI, A.M.A.F. 2004. *Teoria de opções aplicada a projetos de investimento*. São Paulo, Atlas, 135 p.
- MORCK, R.; SCHWARTZ, E.; STANGELAND, D. 1989. The Valuation of Forestry Resources under Stochastic Prices and Inventories. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 24(4):473-487.
<http://dx.doi.org/10.2307/2330980>
- MOTA, J.A. 2006. *O valor da Natureza: economia e política dos recursos naturais*. Rio de Janeiro, Ed. Garamond, 200 p.
- MOTTA, R.S. 1997a. *Manual para valoração econômica dos recursos naturais*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 216 p.
- MOTTA, R.S. 1997b. *Desafios ambientais da economia brasileira*. Brasília, IPEA, 28 p. (Texto para discussão, nº 509).
- PEARCE, D.; TURNER, R. 1991. Economics of Natural Resources and the Environment. *Land Economics*, 67(2):272-276.
<http://dx.doi.org/10.2307/3146419>
- PINDYCK, R.S. 1999. *Irreversibilities and the timing of environmental policy*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 31 p.
- PINDYCK, R.S. 2001. *Optimal timing problems in environmental economics*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 29 p.
- PINDYCK, R.S. 1991. Irreversibility, Uncertainty and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29:1110-1152.
- ROCHA, K; MOREIRA, A.R.B.; CARVALHO, L. 2006. The Market Value of Forest Concessions in the Brazilian Amazon: A Real Option Approach. *Forest Policy and Economics*, 8:149-160.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2004.05.008>
- SOUZA, A.; ÁVILA, S.; SILVA, W. 2006. Modelos de preços hedônicos para estimar a relação preço-satisfação na compra de veículos populares novos. *Revista Economia & Gestão*, 7(15):31-45.
- TRIGEORGIS, L. 1996. *Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, The MIT Press, 427 p.

Submetido: 27/04/2013

Aceito: 27/08/2014