

**Capital natural, serviços ecossistêmicos  
e sistema econômico: rumo a uma  
“Economia dos Ecossistemas”**

**Daniel Caixeta Andrade  
Ademar Ribeiro Romeiro**

**Texto para Discussão. IE/UNICAMP  
n. 159, maio 2009.**

**ISSN 0103-9466**

# Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”

Daniel Caixeta Andrade  
Ademar Ribeiro Romeiro

## Resumo

Este artigo tem como objetivo fazer uma discussão preliminar sobre o que seria uma “Economia dos Ecossistemas”. Trata-se de uma disciplina cujo fulcro seria a consideração explícita da dependência humana em relação aos benefícios que suportam a vida providos pelos elementos estruturais do capital natural. Tais benefícios podem ser classificados na categoria mais ampla de serviços ecossistêmicos. Parte-se do princípio de que as atividades econômicas e o bem-estar humano são profunda e irrefutavelmente dependentes dos serviços provenientes do capital natural, o que justifica a “Economia dos Ecossistemas”. Nela, as interfaces existentes entre capital natural e sistema econômico seriam consideradas a fim de se conhecer suas dinâmicas simultâneas e os mecanismos de geração dos serviços tangíveis e intangíveis do capital natural. A “Economia dos Ecossistemas” transcenderia o tradicional debate sobre meio ambiente e focaria na premissa de que os ecossistemas e todo o capital natural são ativos produtivos compartilhados por toda a sociedade humana, o que pressupõe a necessidade de gestão eficiente, racional e sustentável deste “portfólio” natural. Dada a nova natureza das “escassezes” e as incertezas envolvendo as relações entre os sistemas econômico e natural, o desafio é desenhar políticas públicas e criar incentivos para o uso sustentável do capital natural, de modo que ele continue a prover seus serviços num futuro indefinido.

**Palavras-chave:** Capital natural; Sistema econômico; Serviços ecossistêmicos; “Economia dos Ecossistemas”.

## Abstract

This article aims to make a preliminary discussion of what would be an “Economics of Ecosystems.” It is a discipline whose focus is the explicit consideration of human dependence on benefits that support life provided by structural elements of natural capital. Such benefits can be classified under the broader category of ecosystem services. It is assumed that the economic activities and human well-being are deeply sensitive and dependent on these services, which justifies the “Economics of Ecosystems.” Within this discipline the interfaces between natural capital and economic system would be considered in order to understand their simultaneous dynamics and mechanisms of generation of tangible and intangible services of natural capital. The “Economics of Ecosystems” would go beyond the traditional debate on the environment and focus on the premise that all the ecosystems and natural capital are productive assets shared by all human society, which implies the need for efficient, rational, and sustainable management of this natural “portfolio”. Given the new nature of the “scarcities” and the uncertainties surrounding the relationship between economic and natural systems, the challenge is to design policies and create incentives for sustainable use of natural capital, so that it can keep providing its services into an indefinite future.

**Key words:** Natural capital; Economic system; Ecosystem services; “Economics of Ecosystems”.

## **Introdução**

Atualmente, os problemas decorrentes da crise econômica em curso podem representar um momento único para repensar os rumos que a sociedade humana vem tomando e as reais possibilidades de alcance do chamado desenvolvimento sustentável, entendendo este como a preocupação com a garantia mínima de manutenção dos padrões de bem-estar para as gerações futuras.

Dentro das várias correntes teóricas da economia do meio ambiente, é recorrente a preocupação com o impacto do funcionamento atual do sistema econômico sobre os sistemas naturais e a capacidade deste último em sustentar – no futuro – as atividades humanas. O capital natural do planeta, considerado como a totalidade dos recursos naturais disponíveis que rendem fluxos de benefícios tangíveis e intangíveis ao homem, vem sendo ameaçadoramente degradado, o que leva à necessidade de reavaliar o tratamento até então dispensado pela humanidade ao seu “patrimônio” natural.

Nesta perspectiva, é preciso construir novos esquemas analíticos operacionais que tornem possível enfrentar o problema da gestão sustentável e eficiente do capital natural com base neste pressuposto de que o capital natural terrestre é essencial não só para a continuidade das atividades econômicas, mas para a própria continuidade da vida humana. O que pode ser chamado de uma “Economia dos Ecossistemas” seria uma disciplina cujo objetivo principal é a gestão eficiente e sustentável do capital natural, considerando este como um portfólio de ativos que rendem benefícios cruciais às atividades humanas. A especificidade do capital natural encontra-se no fato de que seus benefícios são, em sua grande maioria, insubstituíveis, o que justifica uma preocupação singular da teoria econômica com a utilização dos ativos naturais.

O problema principal que esta disciplina deve enfrentar é a crescente depleção do capital natural vis-a-vis sua essencialidade como fornecedor de serviços de suporte à vida. Dado que os elementos estruturais que conformam o capital natural e as funções ecológicas resultantes das interações entre os seus diversos componentes são interdependentes, há que se analisar conjuntamente os processos através dos quais são gerados os serviços ecossistêmicos. A partir dessa análise se torna possível quantificar a dependência humana em relação a estes serviços e propor estratégias de gestão, preservação e conservação do capital natural que os gera.

A primeira seção do trabalho traz uma discussão sobre as relações entre capital natural, sistema econômico e desenvolvimento sustentável. Procura mostrar como a complexidade ecossistêmica e suas relações com o sistema econômico deve justificar a

adoção de uma postura de precaução cética na medida em que, dado um quadro de incertezas não completamente superável pelo avanço da ciência, existe a possibilidade de perdas irreversíveis e insubstituíveis de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem estar humano e mesmo para a sobrevivência da espécie.

A segunda seção analisa os serviços ecossistêmicos providos pelo capital natural. A classificação aqui adotada segue aquela feita pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio, que os categoriza em quatro classes, quais sejam: i. serviços de provisão; ii. serviços de regulação; iii. serviços culturais; e iv. serviços de suporte. Além de apresentar os conceitos e taxonomia, esta seção também discute as relações entre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano, enfatizando a profunda dependência deste último com relação aos primeiros.

A terceira seção esboça, preliminarmente, como deveria ser a estrutura analítica de uma “Economia dos Ecossistemas” de modo a atingir sua finalidade central de gestão sustentável do capital natural. Esta estrutura deve ser baseada em alguns princípios básicos derivados do reconhecimento dos fatos ecológicos em jogo e de considerações de ordem ética: (1) o capital natural impõe limites biofísicos à expansão (escala) da economia; (2) estes limites não são e não podem ser totalmente conhecidos e sua ultrapassagem pode levar a perdas irreversíveis potencialmente catastróficas; (3) a degradação do capital natural é um processo duplamente perverso, pois diminui o estoque de ativos naturais e compromete sua capacidade de geração de serviços; (4) dadas as incertezas envolvidas e a ignorância sobre os processos que geram os serviços do capital natural, é recomendável uma postura de precaução cética; (5) direito de existência das espécies não humanas.

Por fim, à guisa de conclusão, são feitas algumas considerações sobre o enquadramento da “Economia dos Ecossistemas” no âmbito da teoria econômica.

## **1 Capital natural, sistema econômico e desenvolvimento sustentável**

Historicamente, o termo capital natural foi primeiramente utilizado como metáfora para se referir aos recursos naturais disponíveis ao homem. Entretanto, apenas no final do século XX é que o termo deixa de ser apenas uma metáfora usada para chamar atenção ao problema da depleção dos recursos naturais e passa a ser um conceito formal e técnico, utilizado juntamente com definições de outros tipos de capital<sup>1</sup> (Daly; Coob Jr., 1989).

---

(1) Além do capital natural, tem-se, ainda, o capital humano, que é o trabalho físico e humano e o conhecimento armazenado pela humanidade, o capital manufaturado, que inclui todas máquinas/equipamentos e toda a infra-estrutura do sistema econômico, e o capital social, o qual se refere à teia de relações interpessoais, bem como às regras, normas e arranjos institucionais criados pelo homem (Costanza, 2000).

Segundo Roterling (2008), “capital” refere-se a um fator de produção produzido pelo sistema econômico ou a ativos financeiros subjacentes a esses fatores. Em termos gerais, pode-se dizer que “capital” designa os estoques de materiais ou informações existentes num determinado período que geram fluxos de serviços que podem ser usados para transformar outros materiais ou sua configuração espacial, contribuindo para a melhoria do bem-estar humano (Costanza et al., 1997).

O capital natural pode ser considerado como o estoque de recursos naturais existentes que geram um fluxo de serviços tangíveis e intangíveis direta e indiretamente úteis aos seres humanos, conhecido como renda natural (Costanza; Daly, 1992). Em outras palavras, o capital natural é a totalidade dos recursos oferecidos pelo ecossistema terrestre que suporta o sistema econômico, os quais contribuem direta e indiretamente para o bem-estar humano.<sup>2</sup> Essa definição explicitamente considera a ideia de que o sistema econômico é um subsistema de um sistema maior que o sustenta e que lhe fornece os meios necessários para sua expansão.

Vários autores criticam a noção de natureza como um tipo de capital. Roterling (2008), por exemplo, afirma que o termo é incoerente e desnecessário, pois se a natureza pode ser considerada como um tipo de capital, é difícil refutar o argumento da economia convencional de que a natureza pode ser destruída desde que haja incrementos em outros tipos de capital.<sup>3</sup> Chiesura e De Groot (2003) afirmam que o conceito de capital natural, tal como é comumente enunciado, reitera o reducionismo e o antropocentrismo neoclássico.

Neste trabalho, o conceito de capital natural utilizado considera todos os fluxos de benefícios tangíveis e intangíveis provenientes de todos os recursos naturais e que são direta e indiretamente apropriáveis pelo homem. Ao adotar este conceito mais amplo, a definição aqui adotada confere ao capital natural um caráter multidimensional, no qual dimensões ecológica, econômica e sócio-cultural estão relacionadas e se interagem para a promoção do bem-estar humano (Berkes; Folke, 1994).

---

(2) É importante assinalar a diferença entre os conceitos de ecossistemas naturais e capital natural. O primeiro, mais amplo, refere-se aos sistemas que englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não vivos em seus ambientes físicos e biológicos, nos quais o homem é parte integral (MEA, 2003). Capital natural, por sua vez, refere-se apenas à parte do estoque de recursos (bióticos e abióticos) dos ecossistemas que geram serviços direta ou indiretamente apropriáveis pelo homem. Essa diferenciação é importante na medida em que nem todas as funções/processos e/ou componentes dos ecossistemas são conhecidos, não podendo ser considerados integrantes do capital natural, muito embora se saiba que, do ponto de vista ecológico, tais processos e funções possuem importância (e consequentemente valor) para o funcionamento do todo ecossistêmico.

(3) Ver adiante discussão sobre as possibilidades de substituição entre os vários tipos de capital.

Recentemente, os fluxos de benefícios gerados pelo estoque de capital natural têm sido referidos como serviços de ecossistemas (ou ecossistêmicos), cuja importância para o sistema econômico e o bem-estar humano vem sendo crescentemente reconhecida (Daily, 1997; Costanza et al., 1997; Tallis; Kareiva, 2005).<sup>4</sup> Como se verá na próxima seção, o conceito de serviços ecossistêmicos aqui adotado refere-se aos benefícios *tangíveis* (alimentos e madeira, por exemplo) e *intangíveis* (beleza escênica e regulação do clima, por exemplo) obtidos pelo homem através das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do capital natural.

Por fornecerem tanto benefícios tangíveis e intangíveis (fluxo de materiais e serviços, respectivamente), é necessário que se entenda a natureza dos recursos que compõem o capital natural (componentes do capital natural). Daly e Farley (2004), seguindo divisão originalmente sugerida por Georgescu-Roegen (1971), os classificam em recursos estoque-fluxo e recursos fundo-serviço (*stock-flow resources* e *fund-service resources*, respectivamente). A distinção entre a natureza dos componentes do capital natural é importante no sentido de que apenas a partir de um correto entendimento da dinâmica de cada tipo de recurso é que se tem condições de se tomar ações para proteção do capital natural. Ademais, esta classificação se distancia da tradicional denominação comum de ambos como “fatores de produção” feita pela economia convencional.

Recursos estoque-fluxo são aqueles recursos do capital natural que são incorporados ao produto final. Produzem um fluxo material que pode ser de qualquer magnitude, sendo que o estoque que gerou esse fluxo pode ser usado a qualquer taxa. A unidade apropriada para mensurar a produção de um recurso estoque-fluxo é a quantidade física de bens que podem ser produzidos, sendo que o fluxo material resultante pode ser estocado para usos futuros. Os recursos fundo-serviço, por sua vez, são aqueles que não são incorporados ao produto final. Eles produzem serviços a taxas fixas e estes não podem ser estocados para uso futuro. Ao contrário dos recursos estoque-fluxo, os quais são completamente “gastos” no processo de produção, os recursos fundo-serviço são apenas depreciados, podendo ser reutilizados em um novo ciclo de produção. A preocupação central é com a capacidade de os recursos fundo-serviço proverem seus serviços.<sup>5</sup>

---

(4) Exemplo disso é a criação, pela nova administração de Barack Obama, de uma divisão de Serviços Ecossistêmicos e Mercados dentro do Departamento de Agricultura norte-americano.

(5) Pode-se também dizer que os recursos estoque-fluxo são a “causa-material” do processo produtivo, enquanto que os recursos fundo-serviço são a “causa-eficiente” da produção. Como exemplo, a produção de pizzas conta com os ingredientes, o cozinheiro e a cozinha onde a produção é realizada. Os primeiros são causa material e os dois últimos (cozinheiro e cozinha) são causas-eficiente.

As complexas e dinâmicas interações entre os recursos estoque-fluxo e fundo-serviços (componentes do capital natural), cuja totalidade pode ser chamada de *elementos estruturais* do capital natural<sup>6</sup> – produzem o que é conhecido como *funções ecológicas* ou *funções ecossistêmicas*. Estas incluem transferência de energia, ciclagem de nutrientes e da água, regulação de gases, regulação climática, etc. O conhecimento humano sobre como as funções ecossistêmicas emergem do funcionamento e interação dos elementos estruturais do capital natural é muito limitado, o que dificulta a antecipação dos impactos das atividades humanas sobre tais funções. As tomadas de decisão relacionadas às funções ecossistêmicas envolvem elevado grau de incerteza, o que justifica o recurso ao chamado *Princípio da Precaução* (ILGRA, 2002; Dorman, 2005).

O relacionamento entre os componentes estoque-fluxo e fundo-serviço do capital natural ilustram um dos mais importantes conceitos por trás de uma “Economia dos Ecossistemas”. A grosso modo, o raciocínio aqui presente é que “*não se pode criar alguma coisa do nada*”. Este fato, por mais evidente que possa parecer, é enunciado pela Primeira Lei da Termodinâmica e muitas vezes não é corretamente incluído em esquemas analíticos mais tradicionais. Toda produção econômica requer um fluxo físico de recursos naturais gerados pelo capital natural, sendo tal fluxo proveniente dos seus componentes estruturais, os quais também podem ser fundos para a produção de outros benefícios (intangíveis) úteis para o ser humano. Assim, a depleção dos componentes estruturais do capital natural diminui os benefícios tangíveis (fluxo de recursos naturais) e compromete as funções ecossistêmicas e a capacidade de geração dos benefícios intangíveis.

Há, portanto, um caráter interdependente entre estrutura e funções ecológicas, o que pressupõe a análise conjunta dessas duas categorias. O problema com análises convencionais é que elas frequentemente enfocam apenas uma dimensão dos componentes do capital natural, não levando em conta a interconexões existentes entre estrutura e funções do capital natural.<sup>7</sup>

---

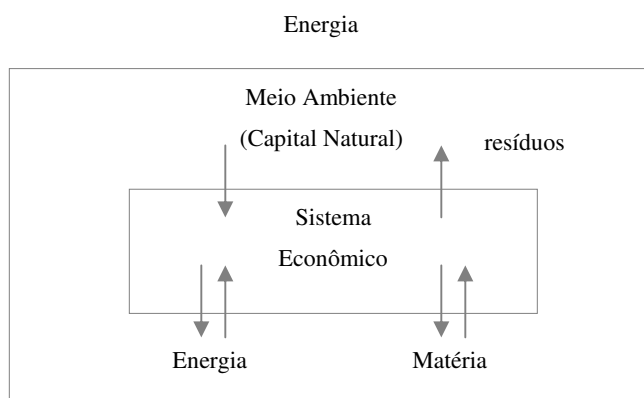
(6) A estrutura básica dos ecossistemas provém do que é conhecido como biodiversidade. Esta pode ser definida como a variabilidade entre os organismos vivos de todas as fontes, incluindo, entre outros, ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte. Inclui a diversidade dentro das espécies, entre as espécies e entre os ecossistemas (*Convention on Biological Diversity*, article 2). A perda da biodiversidade representa a maior ameaça aos ecossistemas e à sua capacidade em sustentar processos ecológicos básicos que suportam a vida no planeta (Naeem et al., 1999).

(7) Exemplo é a tradicional divisão da economia ambiental neoclássica entre economia da poluição – que foca o meio ambiente no seu caráter de absorvedor dos resíduos da atividade econômica – e a economia dos recursos naturais, que enfatiza a característica de *inputs* dos recursos naturais. Como se verá mais adiante, a “Economia dos Ecossistemas” tem como desafio fundir os dois tipos de análises numa tentativa de entender os mecanismos pelos quais são geradas as funções ecossistêmicas.

Outra classificação dos componentes do capital natural diz respeito à renovabilidade dos recursos. Recursos abióticos como combustíveis fósseis e minerais são virtualmente considerados como não-renováveis, embora os minerais possam ser recicláveis. Tais recursos são tidos como inventários e sua liquidação é função da demanda e das decisões da geração atual. Quanto aos recursos renováveis, estes são a parte do capital natural que possui capacidade própria de renovação a partir do consumo direto ou indireto de energia solar. Todavia, sua renovabilidade é comprometida quando a taxa de extração supera a reprodução natural do elemento do capital natural (Costanza; Daly, 1992).

Considerando a relação entre os componentes do capital natural e o sistema econômico, é preciso se ter em mente que este último, considerado um organismo vivo e complexo, não atua independentemente do sistema natural que lhe sustenta (Mueller, 2007). Ao contrário, o sistema econômico interage com o meio ambiente, extraindo recursos naturais (componentes estruturais do capital natural) e energia e devolvendo resíduos (Figura 1). Em função do enfoque dado pelas diferentes vertentes teóricas de tratamento das questões ambientais, privilegia-se apenas a dinâmica do sistema econômico ou as interfaces entre este e o meio ambiente. O fato é que um esquema analítico focado somente nas relações existentes dentro da “caixa” que representa o sistema econômico será reducionista e limitado, dado que o capital natural interage com a economia, sendo fornecedor de insumos e receptor de dejetos/resíduos resultantes dos processos de produção e consumo.

Figura 1  
A economia dentro do meio ambiente



Fonte: Adaptado de Common e Stagl (2005, p. 2).



Além da expansão da escala das atividades humanas, a evolução do sistema econômico tem conduzido o mundo a uma era onde o capital natural, em substituição ao capital manufaturado, passa a ser o fator limitante do desenvolvimento econômico. Considerando a lógica econômica, a qual diz que se deve maximizar a produtividade do capital mais escasso (fator limitante) e aumentar sua oferta, o imperativo dos tempos atuais passa a ser o desenho de políticas econômicas voltadas a incrementar a produtividade do capital natural e dos benefícios dele derivados (Daly, 1996; Costanza, 2000; Costanza, 2001; Daly; Farley, 2004).

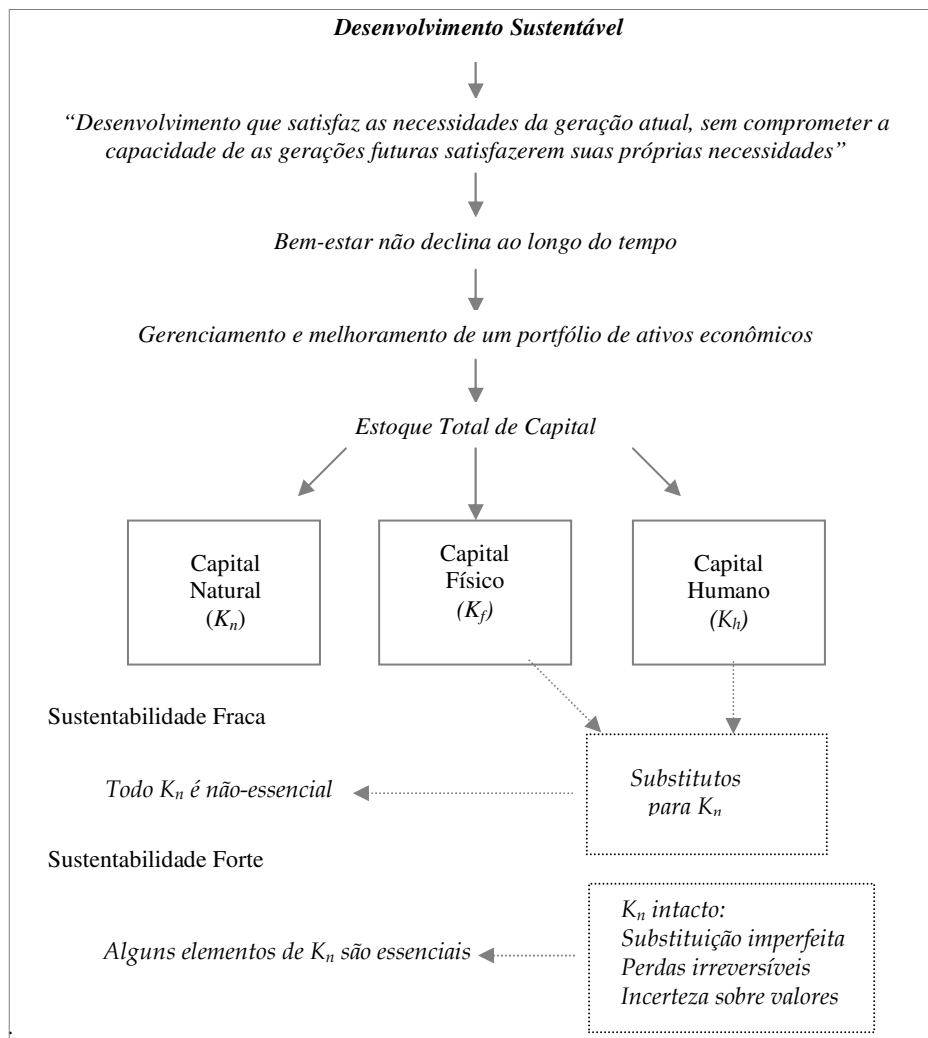
Independente do prisma teórico sob o qual se analisa as relações entre economia e meio ambiente, o ponto consensual é de que os sistemas naturais vêm sendo ameaçados pelas constantes intervenções humanas, sendo necessário compreender de que forma se dão as interconexões entre os sistemas econômico e natural, bem como os fatores que acarretam mudanças no meio ambiente a fim de se propor medidas para o uso sustentável e eficiente do capital natural. Como já assinalado, uma preocupação central é com relação aos benefícios intangíveis gerados pelo capital natural, uma vez que tais benefícios são insubstituíveis na prática.

A crescente escassez relativa do capital natural alude à necessidade de adoção de políticas que criem incentivos para sua preservação. Muito embora haja um amplo consenso político sobre a necessidade de um “desenvolvimento sustentável”, ainda existem controvérsias sobre o tipo de capital que se deve sustentar. A definição mais usual de desenvolvimento sustentável é dada pelo Relatório Brundtland, que o define como “aquele desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazerem suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias” (Brundtland, 1987, p. 24). Assim colocado, o desenvolvimento sustentável pressupõe a igualdade de oportunidades econômico-sociais e ecológicas entre a geração corrente e as gerações futuras. Resta saber se a depleção atual do capital natural poderá ser substituída no futuro por outras formas de capital para satisfação das necessidades das gerações vindouras.

Em se tratando das possibilidades de substituição dos diversos tipos de capital, há aqueles que advogam ser possível substituir capital natural por capital construído pelo homem (*humanly made capital*), originando o conceito de “sustentabilidade fraca”. Para os adeptos a esse conceito, o progresso tecnológico será sempre capaz de relativizar os eventuais obstáculos colocados pela escassez do capital natural ao crescimento econômico. Desse ponto de vista, uma sociedade será sustentável se a queda do capital natural for compensada com o aumento dos demais tipos de capital, mantendo, assim, todo o estoque de capital do sistema econômico.

Por outro lado, os que não concordam com a visão acima, afirmam que alguns elementos do capital natural não são substituíveis por outras formas de capital, o que exige uma postura de manutenção do estoque do capital natural. Essa postura é conhecida como “sustentabilidade forte” e parece a mais pertinente conduta para se tratar de recursos que envolvem alto grau de ignorância e incerteza (Figura 2).

Figura 2  
Desenvolvimento econômico sustentável



Fonte: Barbier (2003, p. 257).

Sobre a relação entre o capital natural e os demais tipos de capital construído pelo homem, é evidente o caráter de complementaridade entre eles. A hipótese de quase perfeita substituição entre o capital natural e o capital construído pelo homem, adotada pelos otimistas tecnológicos, possui pouco suporte lógico e prático. Segundo Costanza e Daly (1992), se o capital construído pelo homem fosse um substituto perfeito do capital natural, este também seria um substituto perfeito para o primeiro. Se esse fosse o caso, não haveria necessidade de produção de capital construído pelo homem, uma vez que o capital natural já está disponível. O fato de que historicamente a sociedade vem empreendendo esforços para o acúmulo de capital (principalmente de capital físico) demonstra que estes dois tipos de capital (natural e construído pelo homem) são complementares e não substituíveis entre si.<sup>8</sup>

Considerando o fato essencial subjacente ao debate sobre a substitutibilidade ou complementaridade entre os diversos tipos de capital, qual seja, a incerteza sobre a disponibilidade de recursos naturais no futuro, Costanza et al. (2000) propõem uma estratégia de precaução cética, a qual assume a possibilidade de ocorrência de problemas futuros relacionados à falta de capital natural, mas que deixa aberta as possibilidades de que os mesmos sejam solucionados e de que não sejam tão graves como inicialmente previstos. Segundo os autores, esta posição pode ser adotada independentemente da visão otimista ou pessimista em relação ao futuro. Tal estratégia não pressupõe o desestímulo a novas tecnologias e a aversão total aos riscos envolvidos. Ao contrário, ela advoga o gerenciamento apropriado dos riscos, em linha com seus potenciais benefícios, custos e incertezas, não comprometendo a saúde das populações humanas e dos ecossistemas.

Esta estratégia de precaução cética representa a solução ótima de um jogo teórico que só pode ser jogado uma única vez. Em uma matriz de *pay-offs* são apresentados os prováveis resultados de cada tipo de política adotada (política tecnologicamente otimista e pessimista, respectivamente) e cada tipo de visão do mundo para o futuro (visões otimista e pessimista, respectivamente). Se políticas tecnologicamente otimistas forem adotadas e a visão otimista de fato se concretizar, o resultado esperado pode ser caracterizado como “excelente”. No entanto, se este tipo de política for perseguido e a visão pessimista se concretizar, o resultado esperado

---

(8) Os adeptos da “sustentabilidade forte” admitem certo grau de substituição entre capital natural e demais tipos de capital. No entanto, consideram que estas possibilidades de substituição são bastante limitadas, principalmente quando se leva em conta componentes do capital natural que geram serviços de suporte à vida impossíveis de serem substituídos. Esses componentes formam o chamado “capital natural crítico”, para o qual não existe substituto, sendo a condição necessária para a sustentabilidade a manutenção desse estoque ao longo do tempo (Lima, 1999). Para uma discussão mais detalhada sobre as especificidades do capital natural crítico, ver Brand (2009).

pode ser caracterizado como “desastre”, no sentido de que perdas irreversíveis acontecerão.

Por outro lado, se políticas tecnologicamente pessimistas forem adotadas e a visão otimista se concretizar, o resultado pode ser classificado como “bom”, no sentido de que alguma magnitude de crescimento econômico teria sido sacrificada em função de uma postura de precaução. Por fim, se políticas tecnologicamente pessimistas forem adotadas e a visão pessimista de fato se concretizar, o resultado seria classificado como “muito bom”, já que a humanidade teria se acostumado a conviver com seus limites ecológicos.

Aplicando a lógica de se escolher o máximo dos resultados mínimos, a melhor solução é a adoção de políticas tecnologicamente pessimistas, pois o resultado mínimo obtido pela sua adoção seria “bom”, enquanto que o resultado mínimo ao se adotar políticas tecnologicamente otimistas seria “desastre”. De fato, este último resultado é o único não sustentável e o objetivo é evitá-lo, não importando qual visão (otimista ou pessimista) venha se concretizar no futuro.

## 2 Serviços ecossistêmicos e bem-estar humano

Os benefícios tangíveis (fluxos de recursos naturais, como madeira e alimentos, por exemplo) e intangíveis (amenidades como beleza escênica e regulação do clima) provenientes do capital natural podem ser classificados numa definição ampla de serviços ecossistêmicos.<sup>9</sup> As complexas interações entre os elementos estruturais do capital natural dão origem às chamadas *funções ecossistêmicas*, as quais são reconceitualizadas como serviços ecossistêmicos na medida em que trazem implícita a ideia de valor humano. Uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade/potencial de ser utilizada para fins humanos (Huetting et al., 1997).

Os processos (funções) e serviços ecossistêmicos nem sempre apresentam uma relação biunívoca, sendo que um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais que um serviço ecossistêmico (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002). A natureza interdependente das funções ecossistêmicas faz com que a análise de seus serviços requeira a compreensão das interconexões existentes entre os seus componentes, resguardando a capacidade dinâmica dos ecossistemas em gerar seus serviços (Limburg; Folke, 1999). Além disso, o fato de que a ocorrência das funções e serviços

---

(9) Esta definição segue Daily (1997), que também classifica os benefícios tangíveis e intangíveis numa mesma categoria ampla de “serviços ecossistêmicos”.

ecossistêmicos pode se dar em várias escalas espaciais e temporais torna suas análises uma tarefa ainda mais complexa.

A vida no planeta Terra está intimamente ligada à contínua capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos (Sukhdev, 2008; MEA, 2005). A demanda humana pelos mesmos vem crescendo rapidamente, ultrapassando em muitos casos a capacidade de os ecossistemas fornecê-los. Em sendo assim, faz-se premente não apenas o esforço de compreensão da dinâmica inerente aos elementos estruturais do capital natural, mas também é de fundamental importância entender quais são os mecanismos de interação entre os fatores de mudança dos ecossistemas e sua capacidade de geração dos serviços ecossistêmicos, bem como seus impactos adversos sobre bem-estar humano.

Seguindo a taxonomia da Avaliação do Milênio, os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias, a saber: i) serviços de provisão (ou serviços de abastecimento); ii) serviços de regulação; iii) serviços culturais; e iv) serviços de suporte (Quadro 1).

Os *serviços de provisão* incluem os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos e fibras, madeira para combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água. Sua sustentabilidade não deve ser medida apenas em termos de fluxos, isto é, quantidade de produtos obtidos em determinado período. Deve-se proceder a uma análise que considere a qualidade e o estado do estoque do capital natural que serve como base para sua geração, atentando para restrições quanto à sustentabilidade ecológica. Em outras palavras, faz-se necessário observar os limites impostos pela capacidade de suporte do ambiente natural (física, química e biologicamente), de maneira que a intervenção antrópica não comprometa irreversivelmente a integridade e o funcionamento apropriado dos processos naturais.

Quadro 1  
Serviços ecossistêmicos segundo categorias

Categorias	Serviços
Provisão (abastecimento)	Alimentos, água, madeira para combustível, fibras, bioquímicos, recursos genéticos
Regulação	Regulação climática, regulação de doenças, regulação biológica, regulação e purificação de água, regulação de danos naturais, polinização
Culturais	Ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, senso de localização, herança cultural
Suporte	Formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, produção primária

Fonte: MEA (2003, p. 57).

Os esforços empreendidos para atender à crescente demanda pelos serviços de provisão ilustram a existência de *trade-offs* na geração de serviços ecossistêmicos. Ações no sentido de aumentar a produção de alimentos, as quais geralmente envolvem o incremento no uso de água e fertilizantes, além de frequentemente envolverem expansão de área cultivada, impactam ou degradam outros serviços, incluindo a redução da quantidade e qualidade de água para outros usos, assim como o decréscimo da cobertura florestal e ameaças à biodiversidade.

Quanto aos *serviços de regulação*, estes se relacionam às características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar, regulação climática, controle de erosão, purificação de água, tratamento de resíduos, regulação de doenças humanas, regulação biológica, polinização e proteção de desastres (mitigação de danos naturais). Diferentemente dos serviços de provisão, sua avaliação não se dá pelo seu "nível" de produção, mas sim pela análise da capacidade dos ecossistemas regularem determinados serviços.

Apesar das incertezas envolvidas e a falta de um completo entendimento sobre a dinâmica subjacente aos processos regulatórios dos ecossistemas, espera-se que o futuro de alguns serviços, como a capacidade de absorção de carbono (associado com a regulação climática), seja grandemente comprometido por mudanças esperadas nos usos do solo. Espera-se também uma queda na capacidade de mitigação de danos naturais, outro importante serviço de regulação, devido a mudanças nos ecossistemas, o que pode ser evidenciado pelo aumento da frequência de desastres naturais.

Os *serviços culturais* incluem a diversidade cultural, na medida em que a própria diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, etc. Estes serviços estão intimamente ligados a valores e comportamentos humanos, bem como às instituições e padrões sociais, características que fazem com que a percepção dos mesmos seja contingente a diferentes grupos de indivíduos, dificultando sobremaneira a avaliação de sua provisão.

As sociedades têm desenvolvido uma interação íntima com o seu meio natural, o que tem moldado a diversidade cultural e os sistemas de valores humanos. Entretanto, a transformação de ecossistemas biodiversos em paisagens cultivadas com características mais homogêneas, associada às mudanças econômicas e sociais, como rápida urbanização, melhoramento e barateamento nas condições de transporte e aprofundamento da globalização econômica, têm enfraquecido substancialmente as ligações entre ecossistemas e diversidade/identidade cultural.

Por outro lado, o uso dos elementos do capital natural para objetivos de recreação e turismo tem aumentado devido principalmente ao aumento da população, maior disponibilidade de tempo para o lazer entre as populações mais ricas e maior infra-estrutura de suporte a esse tipo de atividade. O turismo ecológico, por exemplo, corresponde a uma das principais fontes de renda para alguns países que ainda possuem grande parte dos seus ecossistemas ainda conservada.

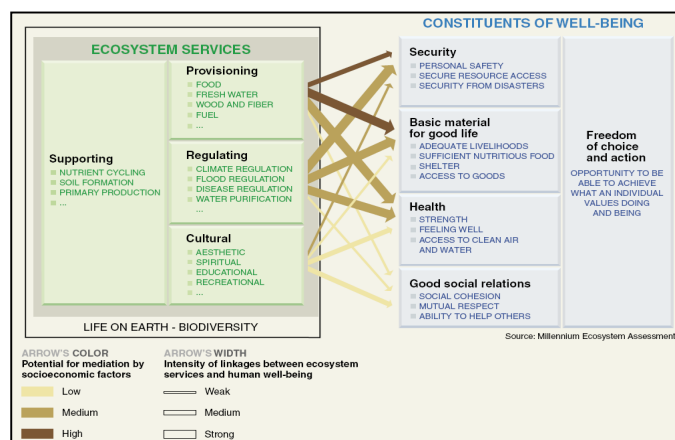
Os *serviços de suporte* são aqueles necessários para a produção dos outros serviços ecossistêmicos. Eles se diferenciam das demais categorias na medida em que seus impactos sobre o homem são indiretos e/ou ocorrem no longo prazo. Como exemplos, pode-se citar a produção primária, produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água e provisão de habitat.

Os ciclos de vários nutrientes chave para o suporte da vida têm sido significativamente alterados pelas atividades humanas ao longo dos últimos dois séculos, com consequências positivas e negativas para os outros serviços ecossistêmicos, além de impactos no próprio bem-estar humano. A capacidade dos ecossistemas terrestres em absorver e reter nutrientes suspensos na atmosfera ou fornecidos através da aplicação de fertilizantes tem sido comprometida pela transformação e simplificação dos ecossistemas em paisagens agrícolas de baixa diversidade. Em consequência, há um incremento no vazamento desses nutrientes para rios e lagos, sendo transportados para ecossistemas costeiros e causando impactos adversos, como a eutrofização e a consequente perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos.

Como resultado da degradação do capital natural, a ameaça de alterações drásticas nos fluxos de serviços ecossistêmicos tem crescentemente preocupado a comunidade acadêmica e os tomadores de decisão. Parafraseando Hardin (1968), Lant et al. (2008) utilizam a expressão “tragédia dos serviços ecossistêmicos” para se referirem ao declínio da sua provisão, principalmente considerando os serviços de regulação, de suporte e culturais. Para estes autores, a degradação dos fluxos de serviços ecossistêmicos faz parte de uma armadilha social em que as falhas nas leis de propriedade comunal e os incentivos econômicos que abrangem apenas bens e serviços transacionados nos mercados são responsáveis pela destruição dos serviços de suporte à vida oferecidos “gratuitamente” pelos ecossistemas.

Em um cenário de contínua degradação dos ecossistemas, o alcance do desenvolvimento sustentável requer um melhor entendimento da medida da dependência humana com relação serviços ecossistêmicos e, por conseguinte, da vulnerabilidade do bem-estar humano em relação às mudanças nos ecossistemas (Eftec, 2005). Embora ainda não completamente compreendidas, as relações entre o bem-estar e os serviços ecossistêmicos são complexas e não-lineares. Quando um serviço ecossistêmico é abundante em relação à sua demanda, um incremento marginal em seu fluxo representa apenas uma pequena contribuição ao bem-estar humano. Entretanto, quando o serviço ecossistêmico é relativamente escasso, um decréscimo em seu fluxo pode reduzir substancialmente o bem-estar. A Figura 3 abaixo, extraída da documentação disponibilizada pela Avaliação do Milênio, ilustra as interconexões entre as várias categorias de serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano.

Figura 3  
Relações entre serviços ecossistêmicos e bem-estar humano



Fonte: MA (2005a, p. 50).

Os impactos de mudanças nos fluxos de serviços ecossistêmicos sobre os constituintes do bem-estar são complexos e envolvem relações de causalção que se reforçam mutuamente, devido principalmente à interdependência dos processos de geração dos serviços ecossistêmicos e entre as próprias dimensões do bem-estar. As mudanças nos serviços ecossistêmicos de provisão, por exemplo, afetam todos os constituintes do bem-estar material dos indivíduos. Entretanto, os efeitos adversos de mudanças nos fluxos dos serviços de provisão podem ser minorados por circunstâncias sócio-econômicas.



O papel dos serviços ecossistêmicos é crucial no alcance destes objetivos. Esse fato pode ser evidenciado pela constatação de que as regiões com maiores dificuldades em atingir as metas são aquelas onde suas populações apresentam uma maior dependência em relação aos ecossistemas e aos seus serviços (MEA, 2005). Considerando as ligações entre o bem-estar humano e os serviços prestados pelos ecossistemas, torna-se claro que qualquer ação que vise aumentar a qualidade de vida das populações e acelerar o processo de desenvolvimento deve reconhecer explicitamente a importância dos serviços prestados pelos ecossistemas para as condições de vida humana. Assim sendo, a reversão da degradação do capital natural como garantia para o incremento dos fluxos de serviços ecossistêmicos torna-se um imperativo na busca dos objetivos colocados pelo Projeto do Milênio.

### **3 A “Economia dos Ecossistemas”**

Das seções acima se espera ter ficado claro a importância do capital natural para o sistema econômico e bem-estar humano, justificando a adoção de um novo esquema analítico no qual a preocupação central seja a preservação do capital natural e da sua capacidade de provisão de serviços através de uma gestão sustentável. A premissa básica de uma “Economia dos Ecossistemas” decorre da pré-visão analítica da Economia Ecológica de que o sistema econômico encontra-se contido num sistema maior que o sustenta (capital natural global), o qual possui capacidade limite para suportar o sistema econômico. Existem, portanto, limites biofísicos e ecológicos ao crescimento do sistema econômico. Dado o ritmo crescente de acumulação de capital produzido pelo homem e a crescente escassez relativa de capital natural, uma questão premente seria aumentar a produtividade dos elementos do capital natural e maximizar a provisão dos seus serviços. Seu principal objetivo, portanto, seria a gestão sustentável do capital natural de maneira a preservar sua capacidade de gerar serviços essenciais de suporte à vida.

Esta nova estrutura analítica deve ser informada pelos seguintes princípios básicos: (1) o capital natural impõe limites biofísicos à expansão (escala) da economia; (2) estes limites não são e não podem ser totalmente conhecidos e sua ultrapassagem pode levar a perdas irreversíveis potencialmente catastróficas; (3) a degradação do capital natural é um processo duplamente perverso, pois diminui o estoque de ativos naturais e compromete sua capacidade de geração de serviços; (4) dadas as incertezas envolvidas e a ignorância sobre os processos que geram os serviços do capital natural, é recomendável uma postura de precaução cética; (5) direito de existência das espécies não humanas.

Um primeiro elemento desta estrutura analítica se refere à mudança de ordem metodológica na consideração das duas dimensões do capital natural, como provedor de matérias primas (estoque/fluxo) e de serviços ecossistêmicos (fundo/serviço). Enquanto as análises convencionais focam separadamente a natureza estoque-fluxo e fundo-serviço dos elementos do capital natural, a “Economia dos Ecossistemas” integraria ambas as análises, enfatizando a interdependência entre estrutura e funções ecossistêmicas. De modo específico, enfocaria a depleção do capital natural como um processo duplamente maléfico para a sociedade humana: a perda de fluxos materiais tangíveis (recursos naturais) e a perda de elementos que geram fluxos de benefícios intangíveis (serviços ecossistêmicos). Este reconhecimento amplifica a contabilidade dos custos das análises tradicionais, o que favorece a decisão pela conservação e preservação do capital natural.

Em segundo lugar, é necessário superar os limites impostos pela dicotomia encerrada no debate entre visão otimista e visão pessimista sobre as possibilidades de o progresso técnico ser capaz de superar os obstáculos impostos pela contínua degradação do capital natural, adotando a estratégia de precaução cética, tal como proposta por Costanza et al. (2000), a qual admite que o capital natural é um portfólio de ativos (ambientais) que precisa ser administrado de maneira eficiente e prudente, dado seu caráter de bem público e as incertezas fundamentais que envolvem a dinâmica de seus elementos estruturais. Sendo um conjunto de ativos que geram um fluxo de benefícios essenciais, o capital natural deveria também, de modo análogo, ser alvo de estratégias de gestão aplicadas a portfólios de outra natureza. Os proprietários destes últimos não se baseiam nas aludidas vantagens do livre mercado para maximizar os valores de seus rendimentos. Ao contrário, estes portfólios são geridos de maneira proativa e preventiva, de modo que a mesma lógica deveria ser aplicada ao portfólio ambiental (capital natural).

A estratégia a ser adotada para a preservação do capital natural deveria ser pautada pelos seguintes critérios: i. proteção do capital, o que significa que a sociedade deve manter o estoque de capital natural intacto a fim de tornar possível a contínua provisão de serviços ecossistêmicos. Ações que degradam o capital natural devem ser tomadas em última instância, quando não existirem alternativas. A estratégia de proteção deve ser perseguida até o momento em que seja possível demonstrar que existem substitutos viáveis aos serviços fornecidos pelo capital natural; ii. diversificação de investimentos, o que demonstra a necessidade de que a preservação do capital natural seja vista como um *hedge* contra outros tipos de investimento (mudança tecnológica, por exemplo). Este tipo de estratégia reconhece a dependência

de outros tipos de investimento sobre a infra-estrutura fornecida pelo capital natural; iii. parcimônia nos riscos tomados, o que indica que, uma vez que a maioria dos benefícios providos pelo capital natural é insubstituível, deve-se adotar uma postura de aversão ao risco; iv. necessidade de seguro, o que, no caso do capital natural, significa a criação de reservas de preservação estratégica de parte do capital natural (Costanza et al., 2000).

Em conjunto com a adoção dessas medidas fundamentais da gestão de portfólios, um terceiro elemento desta estrutura analítica se refere à necessidade de um melhor desenho institucional para suportar um gerenciamento eficiente e sustentável do capital natural. Trata-se na verdade da superação do que pode ser considerado como uma “falha institucional”, através de um novo desenho institucional que lide com os problemas de gerenciamento do capital natural e com a definição dos beneficiários e provedores dos serviços providos pelo capital natural. Este desenho basear-se-ia nos princípios de governança sustentável, propostos por Costanza et al. (1998), quais sejam: i. responsabilidade; ii. definição apropriada da escala; iii. precaução; iv. gestão adaptativa; v. alocação plena dos custos; e vi. participação. Segundo os autores, estes seis princípios formam um conjunto indivisível de orientações básicas para gestão institucional do capital natural.

Um quarto elemento desta estrutura analítica concerne os problemas complexos envolvendo a geração de benefícios pelo capital natural. Tais problemas se relacionam com o caráter de bem público assumido pela maioria dos serviços ecossistêmicos e pela variedade de escalas temporais e espaciais em que eles ocorrem. O *trade-off* básico é que os custos de preservação do capital natural geralmente são locais, enquanto que os benefícios muitas vezes são globais. Os perdedores e ganhadores de qualquer situação de mudança ambiental (variação na quantidade e qualidade de capital natural) dependerão do tipo e escala dos serviços ecossistêmicos providos, do *mix* de *stakeholders* envolvidos e o contexto sócio-cultural e sócio-econômico prevalecente.

Devido a isso, políticas econômicas visando à proteção do capital natural devem levar em conta não apenas princípios de eficácia e eficiência, mas critérios éticos de equidade, justiça e legitimidade. Os arranjos nacionais e internacionais existentes para conservar o capital natural global através de mecanismos de mercado precisam incorporar complexidades locais, sociais, políticas, legais e culturais em seu desenho e em sua implementação (Turner; Daily, 2008).

O quinto elemento é de ordem informacional. Embora haja um crescente reconhecimento da essencialidade dos serviços ecossistêmicos e da dependência do bem-estar humano com relação ao capital natural, informações detalhadas sobre como

os diferentes elementos estruturais do capital natural interagem e geram serviços úteis ao homem ainda são deficientes. Essa “falha de informação” é uma das razões pelas quais o financiamento para a conservação do capital natural ainda é insuficiente (Turner; Daily, 2008).

Dada a dificuldade de obtenção de informações sobre como ocorrem os processos ecológicos subjacentes aos elementos do capital natural e os benefícios derivados, é fundamental a articulação das disciplinas científicas num esforço comum de geração de dados sobre oferta e demanda de serviços ecossistêmicos. Especificamente, informações sobre oferta de serviços ecossistêmicos por diferentes tipos de ecossistemas e informações sobre a demanda por serviços ecossistêmicos por parte dos diversos setores econômicos são essenciais para a simulação de cenários sobre a trajetória dos serviços ecossistêmicos e do capital natural. As informações de diversas disciplinas devem ser agregadas para a construção de um banco de dados que subsidie análises cujo objetivo é elucidar o grau de dependência das atividades econômicas e do bem-estar em relação ao capital natural e seus serviços.

Finalmente, o sexto elemento, de importância crucial, diz respeito ao tema da valoração do capital natural e dos seus serviços. Enquanto provedor de serviços essenciais, o capital natural é reconhecidamente dotado de valor econômico. No entanto, a característica de bens públicos assumida pelos elementos estruturais do capital natural faz com que os seus valores econômicos não sejam adequadamente capturados pelo mercado.

Criar mecanismos para que os valores dos serviços prestados pelo capital natural sejam internalizados de maneira apropriada pelo sistema econômico representa um desafio na medida em que as abordagens convencionais até então utilizadas para a valoração dos serviços ecossistêmicos enfatizam ou o sistema econômico ou os ecossistemas, não se preocupando com as inter-relações entre os dois sistemas e com os aspectos éticos e normativos dos valores dos serviços ecossistêmicos. Além disso, tais abordagens são estáticas ou quase estáticas, não acompanhando as trajetórias dos valores dos serviços ecossistêmicos associadas à evolução das estruturas do capital natural (Winkler, 2006).

Faz-se necessário uma valoração dinâmico-integrada dos serviços ecossistêmicos, que amplie o escopo dos exercícios valorativos até então realizados. Além de considerar a dinâmica ecológica, uma verdadeira valoração dinâmico-integrada deveria incluir também as visões que diferentes grupos de indivíduos têm sobre as diversas categorias de serviços ecossistêmicos e suas dimensões culturais e éticas. Não basta apenas ampliar o cenário de valoração, incorporando aspectos de

dimensões ecológicas e biofísicas. É preciso reconhecer que os seres humanos possuem uma racionalidade limitada e que é necessário ponderar quesitos de ordem social.

### **À guisa de conclusão**

A atual crise econômica pode representar um momento único para se reavaliar o tratamento que a humanidade vem dispensando ao seu patrimônio natural. Em editorial recente da revista *Nature*, a urgência em se preservar o capital natural e seus serviços é ressaltada em forma de metáfora:

*the economic downturn might be the best time to include ecosystem services in the real economy (...) destroying ecosystem for short-term benefit is like killing the cow for its meat, while one might keep from starving by drinking its milk for years* (Nature, 2009, p. 764).

Na perspectiva de que a preservação do patrimônio natural da humanidade (capital natural global) é crucial para a sobrevivência humana, este trabalho teve como objetivo discutir os princípios básicos de uma estrutura analítica cujo objetivo central é a gestão eficiente e sustentável do capital natural.

Dentro do corpo mais amplo da teoria econômica, esta estrutura analítica – que foi chamada neste trabalho de “Economia dos Ecossistemas” – estaria mais próxima das premissas básicas da Economia Ecológica. Especificamente, admite-se a existência de limites biofísicos e ecológicos à contínua expansão do sistema econômico, bem como a existência de limiares ecológicos (*thresholds*) que uma vez ultrapassados podem levar a perdas irreversíveis potencialmente catastróficas.

Dentro dessa visão pré-analítica fundamental, a “Economia dos Ecossistemas” tem como desafio analisar as interações entre sistema econômico/capital natural e como ocorrem os processos ecológicos que geram serviços essenciais de suporte à vida. Os elementos estruturais do capital natural e as funções ecológicas decorrentes são interdependentes, o que requer um esforço de análise conjunta dos vários tipos de recursos que compõem o capital natural.

A partir do reconhecimento de que o capital natural é um conjunto de ativos que rendem serviços que contribuem para o bem-estar humano, a finalidade precípua desta estrutura analítica é propor estratégias de gestão eficiente e sustentável do capital natural, não perdendo de vista as especificidades deste portfólio natural. Dentre elas, pode-se citar a impossibilidade de substituição de alguns serviços do capital natural e

as incertezas envolvidas, o que pressupõe a adoção de uma postura de precaução cética com relação à gestão do conjunto de ativos naturais.

A relevância de uma estrutura analítica voltada especificamente para a gestão do capital natural está no fato de que ela agrega e torna operacionalizáveis as contribuições de várias disciplinas que lidam com a temática ambiental. Como demonstrado pelo Projeto Biosfera 2, o capital natural é insubstituível e vulnerável e suas relações com os sistemas humanos são complexas e não-lineares, indicando a urgência de se adotarem ações para a preservação do sistema natural que suporta as atividades humanas. Através de uma *framework* pluralista e transdisciplinar, a "Economia dos Ecossistemas" focaria o problema da degradação do capital natural, reconhecendo que a humanidade não deve prescindir do seu uso, mas que este deve ser feito de maneira eficiente, prudente e sustentável.

#### Referências bibliográficas

BARBIER, E. B. The role of natural resources in economic development. *Australian Economic Papers*, v. 42, p. 253-272, 2003.

BERKES, F., FOLKE, C. Investing in cultural capital for sustainable use of natural capital. In: JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLFE, C.; COSTANZA, R. (Ed.). *Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability*. Washington, DC: Island Press, 1994. p. 22-37.

BRAND, F. Critical natural capital revisited: ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, v. 68, p. 605-612, 2009.

CHIESURA, A.; DE GROOT, R. Critical natural capital: a socio-cultural perspective. *Ecological Economics*, v. 44, p. 219-231, 2003.

COMMON, M.; STAGL, S. *Ecological economics: an introduction*. Cambridge: University Press, 2005.

COSTANZA, R. Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, v. 3, p. 4-10, 2000.

\_\_\_\_\_. Visions, values, valuation, and the need for an ecological economics. *BioScience*, v. 51, P. 459-468, 2001.

\_\_\_\_\_; DALY, H. E. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, v. 6, n.1, p. 37-46, 1992.

\_\_\_\_\_ et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, p. 253-260, 1997.

\_\_\_\_\_ et al. Principles for sustainable governance of the oceans. *Science*, v. 281, p. 198-199, 1998.

COSTANZA, R. et al. Managing our environmental portfolio. *BioScience*, v. 50, n. 2, p. 149-155, 2000.

DAILY, G. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystem*. Washington, DC: Island Press, 1997.

DALY, H. E. *Beyond growth. The economics of sustainable development*. Boston: Beacon Press, 1996.

\_\_\_\_\_; COBB JR., J. B. *For the common good: redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. Boston: Beacon Press, 1989.

\_\_\_\_\_; FARLEY, J. *Ecological economics: principles and applications*. Washington, DC: Island Press, 2004.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, p. 393-408, 2002.

DORMAN, P. Evolving knowledge and the precautionary principle. *Ecological Economics*, 53, p. 169-176, 2005.

EFTEC – Economic for the Environment Consultancy. Economic, social and ecological value of ecosystem services: a literature review. Final report prepared for The Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). 2005. Disponível em: <<http://www.fsd.nl/downloadattachment/71609/60019/theeconomic-social-and-ecological-value-of-ecosystem-services.pdf>>. Acesso: mar. 2009.

GEORGESCU-ROEGEN, N. *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

ILGRA – Interdepartmental Liaison Group on Risk Assessment. The precautionary principle: policy and applications. 2002. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/committees/ilgra/pppa.htm>>. Acesso: mar. 2009.

LANT, C. L.; RUHL, J. B.; KRAFT, S. E. The tragedy of ecosystem services. *BioScience*, 58, p. 969-974, 2008.

LIMA, G. T. *Naturalizando o capital, capitalizando a natureza: o conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável*. Campinas: Unicamp. Instituto de Economia, 1999. (Texto para Discussão, n. 74).

LIMBURG, K. E.; FOLKE, C. The ecology of ecosystem services: introduction to the special issue. *Ecological Economics*, 29, p. 179-182, 1999.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. Ecosystem and human well-being: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.

\_\_\_\_\_. *Ecosystem and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.

MUELLER, C. C. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: Editora UnB, 2007.

NAEEM, S. et al. *Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes*. Washington, DC: Ecological Society of America, 1999. (Issues in Ecology, n. 4).

NATURE. Editorial. Natural value: the economic downturn might be the best time to include ecosystem services in the real economy. *Nature*, 257, p. 764, Feb. 12, 2009.

ROTERING, F. "Natural capital" as metaphor and concept. In: NEEDS and limits: redirecting our civilization. 2008.

SUKHDEV, P. *The economics of ecosystems and biodiversity*. Interim report of the convention on biological diversity. Cambridge, United Kingdom: European Communities, 2008.

TALLIS, H.; KAREIVA, P. Ecosystem services. *Current Biology*, v. 15, n. 18, p. 746-748, 2005.

TURNER, R. K.; DAILY, G. C. The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resources Economics*, 39, p. 25-35, 2008.

WINKLER, R. Valuation of ecosystem goods and services. Part 1: An integrated dynamic approach. *Ecological Economics*, 59, p. 82-93, 2006.