

VALORAÇÃO AMBIENTAL E GEOTECNOLOGIAS: INTEGRAÇÃO ENTRE CIÊNCIAS SOCIAIS E GEOCIÊNCIAS

ENVIRONMENTAL VALUATION AND GEOTECHNOLOGIES: INTEGRATION BETWEEN SOCIAL SCIENCES AND EARTH SCIENCES

Rodrigo de Campos Macedo ¹, Cláudia Maria de Almeida ², João Roberto dos Santos ³

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rua Tenente Silveira, 94, 88010-300 – Florianópolis, SC, Brasil, rodrigo.macedo@ibge.gov.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 – São José dos Campos, SP, Brasil, almeida@dsr.inpe.br, ³ jroberto@dsr.inpe.br

RESUMO

Foram apresentadas algumas definições acerca de serviço ecossistêmico, valoração ambiental e a utilização de geotecnologias, evidenciando a crescente integração entre ciências econômicas e geociências. O aprofundamento nas questões que envolvem as características dos dados geográficos é imprescindível para a adequada aplicação de geotecnologias em processos de valoração. Há um grande potencial para a utilização e/ou desenvolvimento de ferramentas computacionais aptas para lidar com a complexidade envolvida na caracterização das funções ecossistêmicas e, conseqüentemente, na valoração de seus serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos; Valoração Ambiental; Geotecnologias; Multidisciplinaridade.

ABSTRACT

We presented some definitions about ecosystem service, environmental valuation and geotechnologies, highlighting the growing integration of economic sciences and geosciences. An in-depth knowledge on the characteristics of spatial data is essential for a proper application of geotechnologies in valuation processes. There is a great potential for the use and/or development of computational tools able to cope with the complexity involved in the characterization of ecosystem functions and, consequently, in the valuation of ecosystem services.

Keywords: Ecosystem Services; Environmental Valuation; Geotechnologies; Multidisciplinary Approach.

INTRODUÇÃO

Os recentes desenvolvimentos na ciência da informação geográfica e sensoriamento remoto (SR) aprofundaram o entendimento de processos ecossistêmicos, principalmente através da disponibilização de dados espaciais e ferramentas para processá-los (RUNDELL *et al.*, 2009). A presente análise reforça o papel das geotecnologias como insumo nos estudos de valoração ambiental.

Geotecnologia tem sido considerada como uma das três “mega-tecnologias” do século XXI, juntamente com biotecnologia e nanotecnologia (GEWIN, 2004). Apesar de haver diferentes definições acerca de geotecnologia, esta pode ser entendida como um conjunto de produtos e processos relacionados à obtenção, manipulação e aplicação de dados geográficos. Ela envolve fotogrametria, SR, sistema de posicionamento (GNSS), geodésia, desenho assistido por computador, cartografia digital, sistema de informações geográficas (SIG), processamento digital de imagens, geoprocessamento, banco de dados espaciais, análise espacial, geoestatística e modelagem espacial. Porém, neste artigo foram consideradas somente as fontes de dados obtidos através de SR e alguns aspectos pertinentes à integração, processamento e modelagem de dados geográficos.

A principal motivação relacionada ao tema aqui abordado refere-se à necessidade crescente de integração entre as geociências e as ciências sociais. Em geral, análises estritas de geociências consideram apenas as variáveis biofísicas, ignorando as variáveis socioeconômicas que influenciam consideravelmente nas decisões dos agentes envolvidos. Por outro lado, análises estritamente socioeconômicas tendem a desconsiderar fatores biofísicos relacionados ao espaço. Ambas se complementam e são necessárias para uma gestão territorial satisfatória. Grande parte dos fenômenos só é suficientemente explicada e/ou prevista considerando-se os fatores culturais e biofísicos (bióticos e abióticos).

Primeiramente, serão apresentados alguns conceitos relacionados aos serviços ambientais/ecossistêmicos e valoração ambiental. Na sequência, serão comentados alguns exemplos de valoração com aplicação de geotecnologias, evidenciando a integração entre ciência social aplicada (economia) e geociência.

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Como Brown (1981) assinalou, a economia global depende, fundamentalmente, de certos ecossistemas básicos, como os mares, as florestas e agricultura. Quando estes recursos são gastos ou perturbados, a economia sofre consequências; os bens e serviços de todos os tipos tornam-se mais escassos, custando mais para serem produzidos ou mantidos.

O entendimento da dinâmica dos ecossistemas requer um esforço de mapeamento das chamadas funções ecossistêmicas, as quais podem ser definidas como as constantes interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema e que podem se traduzir em serviços ecossistêmicos, na medida em que beneficiam as sociedades humanas (ROMEIRO e MAIA, 2010).

Neste sentido, “*Serviços ambientais ou ecossistêmicos são aqueles que a natureza presta, ao absorver, filtrar e promover a qualidade da água; ao reciclar nutrientes e assegurar a estrutura dos solos; manter a estabilidade do clima, amenizando desastres como enchentes, secas e tempestades; ao garantir e incrementar a produção agropecuária e industrial, seja ao prover a necessária biodiversidade e diversidade genética para melhoria das culturas ou para fármacos, cosméticos ou novos materiais, seja complementando processos que a tecnologia humana não domina nem substitui, como polinização, fotossíntese e decomposição de resíduos*” (ISA, 2008; JOHN, 2008, p. 459).

Houve diversas propostas de classificação dos serviços ecossistêmicos. Algumas mais voltadas para projetos específicos ou até mesmo a operacionalização de determinados instrumentos econômicos (WALLACE, 2007; FISHER *et al.*, 2009; GHAZOUL *et al.*, 2009). Mas, a classificação mais utilizada continua sendo a da Millennium Ecosystem Assessment¹ (MEA). De acordo com MEA (2003; 2005), os recursos naturais são classes de bens que não são produzíveis pelo ser humano. Podem ser agrupados em:

- Sustentação ou Suporte: manutenção de processos ecológicos e biológicos (ciclagem de nutrientes, formação de solos, produção primária etc.);
- Regulação: serviços relacionados à manutenção de determinados fenômenos em um intervalo compatível com o bem-estar humano (clima, controle de poluição, conservação do solo, equilíbrio hidrológico, polinização, controle sanitário e epidemiológico etc.);
- Provisão: fornecimento de matérias-primas (água, alimentos, fibras, recursos genéticos, bioquímicos, florestais e pesqueiros etc.);
- Culturais: Lazer, recreação, turismo, valores estéticos e educacionais, patrimônio histórico/cultural.

Costanza *et al.* (1997) citaram 17 serviços ecossistêmicos encontrados em todos os ecossistemas. Entre parênteses, está a classificação sugerida em MEA, 2003.

¹ Avaliação Ecosistêmica do Milênio.

1. Formação de solo [Sustentação]
2. Ciclagem de nutrientes [Sustentação]
3. Regulação de gases [Regulação]
4. Regulação climática [Regulação]
5. Regulação de distúrbios [Regulação]
6. Controle de erosão e de sedimentação [Regulação]
7. Regulação de água (quantitativo) [Regulação]
8. Tratamento de água (qualitativo) [Regulação]
9. Controle biológico [Regulação]
10. Refúgio (pragas, predadores e vetores) [Regulação]
11. Polinização [Regulação e Provisão]
12. Oferta de água [Provisão]
13. Produção de comida [Provisão]
14. Materiais crus e fibras [Provisão]
15. Recursos genéticos [Provisão]
16. Recreação [Culturais]
17. Culturais [Culturais]

VALORAÇÃO AMBIENTAL

Em transações de mercado, normalmente são consideradas as classes de bens relacionadas à produção agropecuária e não são consideradas as seguintes classes de bens: recreação, paisagem, carbono, biodiversidade, conservação de solo e de água. Os valores mais altos de uma floresta, por exemplo, são os relacionados à madeira, mas especificamente no caso das florestas tropicais, a retenção de carbono, a biodiversidade e a recreação podem atingir valores mais altos (PEARCE e PEARCE, 2001; BANN, 2002).

A valoração ambiental é a mensuração do valor de um recurso natural e/ou ambiental para corrigir valores distorcidos ou atribuir explicitamente um valor que não é reconhecido. Isto ocorre porque são bens não-excludentes, tais como os bens públicos (não-rivais) ou de propriedade coletiva (rivais). Para estas categorias de bens, os consumidores não revelam suas preferências mediante transações no mercado e tendem a agir como oportunistas (DAILY, 1997). O próprio termo recurso pressupõe utilidade e, geralmente é classificado em produtos (matérias-primas, por exemplo) e serviços². Segundo Motta (1998), existem pelo menos três formas de valoração ambiental, de acordo com preceitos econômicos, políticos e éticos:

- Valor expresso em preferências individuais – estas preferências permitem avaliar os preços de bens e serviços ambientais através da criação de um mercado artificial;
- Valor das preferências públicas (normas sociais) – como os bens e serviços ambientais são propriedades comuns, a avaliação social pode representar os valores adequados com relação ao meio ambiente;
- Valor físico funcional do ecossistema – o sistema ecológico possui um valor intrínseco, independente das preferências humanas, que são baseados em leis físicas.

² Para Randall (1972), recurso natural é produto e recurso ambiental é serviço. Para Georgescu-Roegen (1971), recurso é encarado como estoque (fundo) e serviço como fluxo.

A valoração dos serviços ecossistêmicos deve considerar a escala de produção sustentável, distribuição justa e alocação eficiente (COSTANZA e FOLKE, 1997) e é parte integrante do primeiro estágio do argumento econômico-ambiental para corrigir os vieses do sistema econômico: demonstrar que há valor econômico nos sistemas naturais e estimá-lo. O segundo estágio envolve o redesenho de instituições, inserindo este valor econômico no fluxo financeiro e nos processos de tomada de decisão (PEARCE e TURNER, 1990). Costanza *et al.* (1997) revelam que, considerando os serviços prestados por todos os biomas existentes, o valor anual médio estimado desses serviços é de US\$33 trilhões, praticamente o dobro do PIB de toda a economia mundial³.

Costanza (2008) afirma que a existência de múltiplas dimensões de valor dos recursos naturais requer a utilização de análises multicriteriais no processo de valoração. De acordo com Maia (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. Além disso, o fato de as funções e serviços ecossistêmicos ocorrerem em várias escalas espaciais e temporais torna suas análises uma tarefa ainda mais complexa. Uma disciplina isoladamente não tem condições de avaliar tudo o que está em jogo em um processo de valoração de um dado ecossistema ou de um serviço ecossistêmico.

Apesar da conhecida necessidade de integração e multidisciplinaridade, 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 (WINKLER, 2006).

INTEGRAÇÃO

Geoghegan *et al.* (1998) aprofundam questões sobre a integração entre SR e ciência social na avaliação de mudança no uso e cobertura da terra e afirmam que reunir funções ecológicas e comportamento humano, em uma mesma análise, amplia a capacidade de explicar quais fatores afetam o valor da terra e de recursos naturais com diferentes usos. De acordo com os autores, deve haver o esforço para integrar dados remotamente obtidos de uso e cobertura da terra, modelos econômicos e ecológicos, dados físicos e socioeconômicos.

Parafraseando Geoghegan *et al.* (1998), trata-se de “pixelizar o social” e “socializar o pixel”. A socialização do pixel favorece representações mais realistas, previsões mais assertivas, avaliações de impactos ambientais (AIA's) mais abrangentes etc. A integração de variáveis econômicas e espaciais pode torná-las mais representativas da realidade, permitindo maior assertividade em suas aplicações. Além disso, a consideração de variáveis econômicas é fundamental, principalmente porque grande parte das decisões é pautada em retorno financeiro.

A integração entre ciências sociais e geociências ocorre principalmente de duas maneiras: i) adoção de geotecnologias como ferramenta adicional nas ciências sociais; ii) incorporação de dados e fundamentos socioeconômicos em geociências, principalmente em análises e modelagens nos processos de mudança de cobertura e uso da terra. Esta integração é bidirecional, ou seja, tanto os pesquisadores da área de geociências vêm incorporando dados e procedimentos oriundos das ciências sociais quanto o inverso. De acordo com Nogueira e Rodrigues (2007), *a aplicação dos procedimentos de valoração ambiental depara-se com dificuldades decorrentes de concepções distintas. Profissionais de ambas as áreas de conhecimento podem se beneficiar mutuamente se entenderem mais detalhadamente as necessidades operacionais de cada área.*

Para a operacionalização dos instrumentos econômicos⁴, é necessário valorar e gerar informações espacializadas – área, perímetro, forma, distância, proximidade etc. Neste sentido, a aplicação de geotecnologias nos processos de valoração contribui na viabilização de estratégias efetivas para compatibilizar crescimento econômico e manutenção dos serviços ambientais (TOLLEFSON, 2009).

A utilização de fotografias aéreas, imagens orbitais, GNSS e a manipulação em SIG são requisitos, principalmente, para análise de localização, levantamento básico de dados, avaliação ambiental e monitoramento ambiental. A utilização de SIG para valoração ambiental incrementou as análises, evitando suposições irreais e simplificações excessivas, tanto criticadas nas análises meramente econômicas (BATEMAN *et al.*, 2003).

³ US\$18 trilhões em 1997, na época da publicação.

⁴ Programas de pagamento por serviços ambientais, por exemplo.

A AIA que utiliza técnicas de valoração produz resultados com alto potencial de uso prático, pois converte os aspectos econômicos e ambientais em uma mesma base, facilitando a avaliação e sua posterior tomada de decisão. De acordo com CBD (2001), os métodos de AIA efetivos deveriam incluir geotecnologias para se obter uma perspectiva espacial da organização e da disponibilidade destes recursos em relação a localização e organização de centros econômicos. As geotecnologias possibilitam a incorporação desta complexidade através da manipulação de diversas bases de dados de diferentes formatos, evitando excessivas simplificações e suposições irreais.

O desenvolvimento de métodos objetivos – tais como SR – para realizar estimativas é desejável, principalmente quando os métodos tradicionais são considerados insuficientes (GHOSH *et al.*, 2009). A capacidade de gerar dados em uma grade contínua – em oposição às unidades administrativas, tradicionalmente adotadas em pesquisas socioeconômicas – é uma grande vantagem apresentada pelos dados remotamente obtidos (DOLL *et al.*, 2006).

Uma aplicação tradicional que integra SR e economia é a utilização de imagens noturnas para análises socioeconômicas. Em geral, o PIB⁵ é correlacionado com a quantidade de energia luminosa captada nas imagens noturnas. Esta energia emitida é mais espacialmente explícita que qualquer dado econômico relativo ao PIB e pode ser observada diretamente e atualizada anualmente (SUTTON e COSTANZA, 2002).

Young e Fausto (1998) estudaram a expansão agrícola e enfatizaram a importância da escala e da caracterização do objeto de estudo a ser valorado. Jin *et al.* (2008) vincularam índices de vegetação e aspectos econômicos, principalmente os relacionados à expansão de áreas agrícolas e concluíram que dados de SR integrados com SIG melhoram o entendimento da complexa relação espacial e socioeconômica.

Bastian *et al.* (2002) utilizaram dados geográficos para medir amenidades relacionadas à recreação e beleza cênica de propriedade rural. Um modelo de preços hedônicos específico, com medidas geográficas, foi utilizado para estimar o impacto das amenidades, comparando-se com a produção agrícola. Os resultados indicam que o preço da terra é influenciado não somente pela produção agrícola, mas também por suas amenidades ambientais. As variáveis relacionadas às amenidades ambientais mais significativas incluem pesca esportiva, a distância da cidade e a beleza cênica. Concluem que a adoção de dados geográficos permitiu obter estimativas melhores de valores de amenidades ambientais do que somente a aplicação de técnicas hedônicas.

Wainger *et al.* (2010) aprimoraram o monitoramento de infestação de ervas daninhas, utilizando um modelo de otimização integrado a um SIG, valorando serviços agroecossistêmicos através de custo-efetividade e, formalizaram processos informais de tomada de decisão, tornando os resultados mais objetivos, robustos e práticos.

Para MUNIZ-MIRET *et al.* (1996), que avaliaram serviços ambientais em açaizeiros, a distância é uma variável muito importante, justificando a incorporação de geotecnologias em aplicações de valoração de recursos e serviços ambientais de florestas. Stone (1998) utilizou SIG e um modelo dinâmico-espacial de extração madeireira e projetou diversos cenários de extração e estoque de recursos florestais sob diferentes regimes de preços e políticas, tais como áreas protegidas, estradas, etc. O autor enfatizou o potencial de utilizar SIG para pesquisa em gestão aplicada, pois permitiu integrar comportamento econômico com aspectos ambientais.

Rocha *et al.* (2000) propuseram metodologias para se estimar as distribuições de probabilidade do estoque de madeira comercial nas áreas de concessão. Para o estoque de madeira, programaram um modelo espacial que especifica o preço futuro em função de características geográficas da área (solo, vegetação, clima, distância do mar, altitude etc.) e de sua vizinhança. Os cartogramas que consideraram os modelos com tendência espacial foram mais exatos e precisos que os cartogramas que utilizaram modelos não-espaciais.

Para Melo e Motta (2006), o gerenciamento a partir de informações geográficas viabiliza uma adequada caracterização dos serviços ambientais. O tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbações apresentam relações com fenômenos biológicos e, conseqüentemente, afetam a dinâmica dos fragmentos florestais.

Mattos *et al.* (2007) estimaram o valor monetário das áreas de preservação permanente (APP's), utilizando o Método de Valoração Contingente, obtendo a disposição a pagar. Segundo os autores, a unidade de área foi importante para expressar o resultado em R\$/ha.ano, visando políticas de conservação e/ou recuperação.

⁵ Produto Interno Bruto.

Ainda em APP's, Vilar (2009) afirmou que foi necessário usar informações geográficas – principalmente declividade e clima – para a estimativa de biomassa e de estoque de carbono da vegetação arbórea e da vegetação graminácea-herbácea.

Rodrigues *et al.* (2007) avaliaram a viabilidade de implantação de sistemas agroflorestais como estimuladores à restauração das áreas de Reserva Florestal Legal (RFL), compatibilizando interesses econômicos e ambientais. Os sistemas agroflorestais podem representar uma alternativa de estímulo econômico à recuperação florestal, levando à incorporação do componente arbóreo e podem ser adotados na recuperação de áreas de RFL's. Além disso, podem gerar renda ao produtor graças ao consórcio agrícola. Sua maior ou menor viabilidade econômica irá depender de um manejo mais intensificado na área para a produção agrícola e de preços satisfatórios para venda no mercado.

Brereton *et al.* (2008) empregaram dados desagregados em níveis local e individual para demonstrar que as amenidades relacionadas ao clima e condições ambientais são críticas quando analisa-se o bem-estar (conceito subjetivo). Fatores relacionados à localização tiveram um impacto direto na satisfação. O poder de análise da função de utilidade aumenta significativamente quando as variáveis ambientais são incluídas. Os resultados mostraram que o clima possui uma influência significativa no bem-estar, juntamente com a velocidade do vento, temperaturas mínimas e máximas, acesso aos meios de transporte e proximidade à costa, aos aeroportos, às estradas federais e aterros sanitários. A idéia-chave é a de que a dimensão espacial influencia sensivelmente o bem-estar, pois as variáveis espaciais apresentaram os coeficientes mais significativos. A geografia e o ambiente têm grande influência no bem-estar, tão importante quanto os fatores sócio-econômicos e demográficos mais críticos, como desemprego e status conjugal.

The Eliasch Review (2008) afirma que a valoração de serviços e recursos florestais (principalmente carbono), depende de SR e SIG. Para Bateman (2009), a distribuição espacial é essencial e tal como Pagiola *et al.* (2004) concluíram, as variáveis relacionadas ao “onde” são imprescindíveis nos processos de valoração.

Freitas *et al.* (2013) aprimoraram a modelagem de processos de transição de cobertura e uso da terra na bacia do Alto Uruguai através da junção de variáveis biofísicas e socioeconômicas. Analisando-se os resultados, é nítida a importância da análise integrada dos aspectos socioeconômicos e biofísicos para os problemas relacionados aos impactos ambientais negativos, principalmente os provenientes de alteração no uso e cobertura da terra, tais como desflorestamento, expansão agropecuária, expansão urbana, aumento da malha viária etc.

Macedo *et al.* (2014) utilizaram modelagem dinâmica espacial para valorar os impactos ambientais relacionados à erosão e assoreamento em locais com expansão canavieira e constataram que seria viável a transferência dos custos relacionados ao desassoreamento para a implantação de uma política de pagamento por serviços ecossistêmicos, prevenindo os processos erosivos e reduzindo a carga de sedimentos.

Para que os valores dos serviços prestados pelo capital natural sejam internalizados de maneira apropriada pelo sistema econômico, é necessário uma valoração dinâmico-integrada, que amplie o escopo dos exercícios valorativos até então realizados. No entanto, estas múltiplas dimensões do valor dos recursos naturais resultam em um número elevado de variáveis e parâmetros ecológicos, econômicos e sociais que não podem ser gerenciados sem uma ferramenta que os integre em um modelo.

Macedo (2013) acoplou um modelo dinâmico espacial de mudança de cobertura e uso da terra com um modelo de cálculo de rentabilidade. Foi possível mensurar os custos evitados e custos de reposição relacionados aos impactos ambientais ocasionados pelas mudanças de cobertura e uso da terra. A Figura 01 ilustra a acoplagem, demonstrando que os cenários (espaciais) gerados alimentam o modelo de valoração de maneira dinâmica. Desta forma, a valoração é influenciada diretamente pelas mudanças ocorridas e estimadas nos cenários.

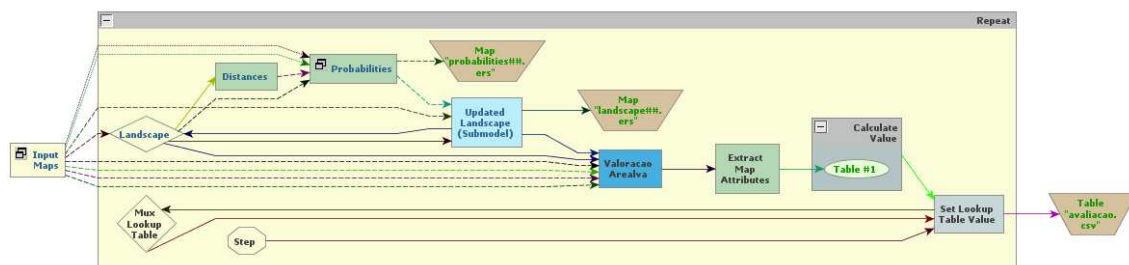


Figura 01 - Acoplagem da valoração como um submodelo ("Valoração Arealva", em azul) do modelo de mudança de cobertura e uso da terra, no Dinamica EGO.

Figure 01 - Coupling of valuation as a submodel ("Valoração Arealva", in blue) of the land use and cover change model, in Dinamica EGO.

Fonte: Macedo (2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características relacionadas à aquisição e processamento de dados geográficos influenciam enormemente nos resultados da valoração. A precisão geométrica, a resolução espacial, a resolução temporal, a qualidade radiométrica, a quantidade, largura e posição das bandas espectrais determinam as características de aquisição do dado. A correção geométrica, a correção radiométrica, o georreferenciamento, a mosaicagem, a interpretação, a classificação, o modo como se extrai feições e a modelagem determinam o processamento do dado. A definição de classes de interesse e a extração de informações como área, volume, distância, largura, comprimento, etc. requerem uma adequada compatibilização entre escala de trabalho e as características dos dados.

Neste sentido, as geotecnologias já são partes integrantes dos processos de valoração ambiental. Isto requer certo esforço na formação de equipes de trabalho multidisciplinares ou mesmo uma formação voltada para a valoração ambiental em um sentido amplo, que incorpore as geotecnologias em seu arcabouço metodológico. O conhecimento em relação às geotecnologias é tão importante quanto o conhecimento dos métodos de valoração e do "objeto" a ser valorado. Sem esta profundidade multidisciplinar, há grandes chances de existirem resultados errôneos.

A integração das várias abordagens significa a emergência de um novo paradigma transdisciplinar de valoração, no qual se leva em consideração os objetivos de sustentabilidade ecológica, justiça distributiva e eficiência econômica. Há um grande potencial para a utilização e/ou desenvolvimento de ferramentas computacionais aptas para lidar com a complexidade envolvida na caracterização das funções ecossistêmicas e, conseqüentemente, na valoração de seus serviços e bens ambientais.

Embora uma metodologia completa de valoração econômico-ecológica esteja ainda em construção, os conhecimentos disponíveis permitem estabelecer um protocolo de procedimentos para os processos de valoração econômica (monetária) capaz de torná-los menos reducionistas. Certamente valorar considerando a dimensão espacial amplia o poder de análise e potencializa a assertividade, precisão e exatidão das estimativas.

REFERÊNCIAS

- BANN, C. *The Economic Value of Tropical Forests: Understanding and Capturing the Multiple values of Tropical Forests*. Tropenbos International, Wageningen, the Netherlands: 2002, 4p.
- BASTIAN, C. T. *et al.* Environmental amenities and agricultural land values: a hedonic model using geographic information systems data. *Ecological Economics*, v. 40, p. 337–349, 2002.
- BATEMAN, I. J. Bringing the real world into economic analyses of land use value: Incorporating spatial complexity. *Land Use Policy*, v. 26S, p. S30–S42, 2009.

- _____. *et al.* *Applied Environmental Economics: A GIS Approach to Cost-Benefit Analysis*, 2003. Cambridge Press. London. 336p.
- BRERETON, F. *et al.* Happiness, geography and the environment. *Ecological Economics*, v. 65, p.386-396, 2008.
- BROWN, L. R. *Building a Sustainable Society*. New York: Norton, 1981. 433p.
- CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). *The value of forest ecosystems*. Technical Series, n. 4. Montreal, Quebec, Canada, 2001. 40p.
- COSTANZA, R. Introduction. The value of ecosystem services. Special section: Forum on valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, v. 25, p. 1-2, 1998.
- _____. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997.
- _____.; FOLKE, C. Valuing ecosystem services with efficiency, fairness and sustainability as goals. In: DAILY, G. (ed). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC, pp 49–68, 1997.
- DAILY, G. C. (Ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC, USA, 1997.
- DOLL, C. N. H. *et al.* Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery. *Ecological Economics*, v. 57, p. 75–92, 2006.
- FISHER, B. *et al.* Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, v. 68, p.643–653, 2009.
- FREITAS, M. W. D. *et al.* Land-use and land-cover change processes in the Upper Uruguay Basin: linking environmental and socioeconomic variables. *Landscape Ecology*, v. 28, p. 311–327, 2013.
- GEOGHEGAN, J. *et al.* "Socializing the Pixel" and "Pixelizing the Social" in Land-Use and Land-Cover Change. p.51-69. In: LIVERMAN, D.; MORAN, E. F.; RINDFUSS, R. R.; STERN, P. C. (Ed.). *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. National Academy Press, Washington, D.C, 1998. 267p.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.
- GEWIN, V. Mapping opportunities. *Nature*, v 427, p. 376–377, 2004.
- GHAZOUL, J.; *et al.* Landscape labelling: A concept for next-generation payment for ecosystem service schemes. *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 1889–1895, 2009.
- GHOSH, T. *et al.* Estimation of Mexico's Informal Economy and Remittances Using Nighttime Imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 1, p. 418-444, 2009.
- ISA (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL). *Serviços Ambientais: conhecer, valorizar e cuidar. Subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo*, 2008. 119p.
- JIN, X. M. *et al.* Impact of economic growth on vegetation health in China based on GIMMS NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, v. 29, n. 13, p. 3715–3726, 2008.
- JOHN, L. Serviços Ambientais. In: INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). *Almanaque Brasil Socioambiental. Uma nova perspectiva para entender a situação do Brasil e a nossa contribuição para a crise planetária*. São Paulo, 2008. 553p.
- MACEDO, R. C. Modelagem dinâmica espacial e valoração ambiental das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. *Tese de doutorado*. Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos-SP. 2013. 265p.
- MACEDO, R. C. *et al.* Economic Impact Assessment of Silting-Up and Erosion Processes: How Spatial Dynamic Models Coupled with Environmental Valuation Models Can Contribute to Sustainable Practices in Sugarcane Farming. In: *Sugarcane: Production, Consumption and Agricultural Management Systems*. New York: Nova Science Publisher. 2014 (no prelo).

- MAIA, A. G. Valoração de recursos ambientais. 199p. *Dissertação de mestrado* - Instituto de Economia da Unicamp. Campinas/SP. 2002.
- MATTOS, A. D. M. *et al.* Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da Microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, v.31, n.2, p.347-353, 2007.
- MEA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). *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. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>. Acesso em: 16/11/2010.
- MELO, A. L.; MOTTA, P. C. S. Biodiversidade, serviços ambientais e reservas particulares do patrimônio natural (RPPN) na mata atlântica. In: *Anais do II Seminário sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social*, Rio de Janeiro, 2006.
- MOTTA, R. S. *Manual de valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília: MMA, 1998.
- MUNIZ-MIRET, N. *et al.* The economic value of managing the acai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the floodplains of the Amazon estuary, Para, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 7 p. 163-173, 1996.
- NOGUEIRA, J. M.; RODRIGUES, A. A. *Manual de Valoração Econômica de Florestas Nacionais*. Quarto relatório do Estudo sobre Valoração Econômica de Florestas Nacionais: Produtos Madeireiros e Não Madeireiros do Projeto PNUD/BRA 97/044 - Desenvolvimento Florestal Sustentável – do contrato Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Fundação de Tecnologia Florestal e Geo-processamento (FUNTEC), correspondente à Carta de Acordo 07/47-3830, 2007. 46p.
- PAGIOLA, S. *et al.* *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*. The World Bank Environment Department. In collaboration with The Nature Conservancy and IUCN—The World Conservation Union. Environment department paper, n.101, 2004. 118p.
- PEARCE, D. W.; PEARCE, C. G. *The value of forest ecosystems*. Report to the Secretariat of the United Nations Convention on Biological Diversity. Montreal, Canada: 2001.
- _____.; TURNER, R. K. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1990.
- RANDALL, P. L. Market solutions to externality problems. *American Journal of Agricultural Economy*, v. 54, p. 175-183, 1972.
- ROCHA, K. *et al.* O valor de opção das concessões nas Florestas Nacionais da Amazônia. *Texto para Discussão 737*. IPEA, Rio de Janeiro, junho de 2000. 34p.
- RODRIGUES, E. R. *et al.* Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de Reserva Legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Revista Árvore*, v.31, n.5, p.941-948, 2007.
- ROMEIRO, A. R.; MAIA, A. G. Módulo 4: Avaliação de Custos e Benefícios Ambientais. 159p. In: ENAP. *Métodos e Técnicas de Avaliação Socioeconômica de Projetos*. Brasília-DF, 2010. 723p.
- RUNDELL, P. W. *et al.* Environmental sensor networks in ecological research. *New Phytologist*, v. 182, p. 589–607, 2009.
- STONE, S. W. Using a geographic information system for applied policy analysis: the case of logging in the Eastern Amazon. *Ecological Economics*, v. 27, p. 43–61, 1998.
- SUTTON, P. C.; COSTANZA, R. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, v. 41 p. 509–527. Special issue. The Dynamics and Value of Ecosystem Services: Integrating Economic and Ecological Perspectives, 2002.
- THE ELIASCH REVIEW. *Climate Change: Financing Global Forests*. 273p. UK, 2008.
- TOLLEFSON, J. Paying to save the rainforests. *Nature*, v. 460, p. 936-937, 2009.
- VILAR, M. B. Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais. 171p. *Dissertação de mestrado* - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2009.

WAINGER, L. A. *et al.* Can the concept of ecosystem services be practically applied to improve natural resource management decisions? *Ecological Economics*, v. 69 p. 978-987, 2010.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, v. 139, p. 235–246, 2007.

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

WORLD BANK. *Handbook of National Accounting. Integrated Environmental and Economic Accounting*. 2003. Final draft circulated for information prior to official editing. United Nations European Commission International Monetary Fund Organisation for Economic Co-operation and Development World Bank. Studies in Methods Handbook of National Accounting. 598p.

YOUNG, C. E. F.; FAUSTO, J. R. B. Valoração de recursos naturais como instrumento de análise da expansão da fronteira agrícola na Amazônia. *Texto para Discussão* n. 490. Rio de Janeiro/RJ. 1998, 32p.