



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **ECONOMIA AMBIENTAL APLICADA**

### **Uma Abordagem Baseada em SIG para Análise Custo- Benefício**

Rodrigo de Campos Macedo

Monografia apresentada como avaliação de Estudo Orientado.

Docentes responsáveis: Dra. Cláudia Maria de Almeida e Dr. João Roberto dos Santos

INPE

São José dos Campos/SP

2009

*"VICTOR: There's just no respect for anything but money.  
SOLOMON: What're you got against money?  
VICTOR: Nothing, I just didn't want to lay down my life for  
it. But I think I laid it down another way, and I'm not even  
sure any more what I was trying to accomplish."*

The Price - Arthur Miller

## SUMÁRIO

<b>1 . INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 . PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
2.1 “ECONOMIAS” DO MEIO AMBIENTE – CONCEITOS BÁSICOS E ALGUMAS CORRENTES TEÓRICAS.....	8
2.1.1 - <i>Introdução</i> .....	8
2.1.2 - <i>Serviços Ambientais</i> .....	10
2.1.3 - <i>Externalidades</i> .....	11
2.1.4 - <i>Falha de Mercado</i> .....	12
2.1.5 - <i>Engenharia Ecológica e Teoria Emergética</i> .....	13
2.1.6 - <i>Qualificação da Energia – Base para Economia Ecológica</i> .....	16
2.1.7 - <i>Economia Ambiental</i> .....	20
2.1.8 - <i>Sustentabilidade Fraca e Sustentabilidade Forte</i> .....	23
2.1.8.1 - <i>Sustentabilidade Fraca</i> .....	23
2.1.8.2 - <i>Sustentabilidade Forte</i> .....	24
2.1.9 - <i>Considerações Finais</i> .....	26
2.2 MÉTODOS PARA VALORAÇÃO – CONCEITOS BÁSICOS E ALGUMAS TÉCNICAS .....	28
2.2.1 - <i>A Natureza do Valor: Diferentes Paradigmas</i> .....	29
2.2.1.1 - <i>Valor de Uso</i> .....	30
2.2.1.1.1 - <i>Valor de Uso Direto</i> .....	30
2.2.1.1.2 - <i>Valor de Uso Indireto</i> .....	31
2.2.1.1.3 - <i>Valor de Opção</i> .....	31
2.2.1.2 - <i>Valor de Não-Uso</i> .....	31
2.2.1.2.1 - <i>Valor de Existência</i> .....	31
2.2.1.2.2 - <i>Outros Valores de Não-Uso: Valor de Herança</i> .....	32
2.2.1.2.3 - <i>Outros Valores de Não-Uso: Valor de Quase-Opção</i> .....	32
2.2.2 - <i>Técnicas de valoração</i> .....	34
2.2.2.1 - <i>Métodos de Função de Produção</i> .....	36
2.2.2.1.1 - <i>Mitigação</i> .....	36
2.2.2.1.2 - <i>Custo de Recuperação/Restauração</i> .....	36
2.2.2.1.3 - <i>Dose-Resposta</i> .....	37
2.2.2.2 - <i>Métodos de Função de Demanda</i> .....	37
2.2.2.2.1 - <i>Métodos de Preferência Revelada</i> .....	38
i. <i>Preços Hedônicos</i> .....	38
ii. <i>Custo de Viagem</i> .....	39
2.2.2.2.2 - <i>Métodos de Preferência Relatada</i> .....	40
iii. <i>Valoração Contingente</i> .....	40
iv. <i>Preferência de Grupos Restritos</i> .....	42
2.3 ANÁLISE CUSTO- BENEFÍCIO E VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	433
2.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	455

<b>3 . PARTE II – APLICAÇÕES .....</b>	<b>50</b>
3.1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	50
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	53
3.2.1 - <i>Área de Estudo</i> .....	53
3.2.2 - <i>Dados</i> .....	54
3.2.3 - <i>Procedimentos</i> .....	55
3.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	56
3.3.1 - <i>Agropecuária (gado leiteiro e ovelha)</i> .....	56
3.3.2 - <i>Madeira</i> .....	61
3.3.2.1 - Modelagem e mapeamento de rendimento madeireiro e seus valores .....	68
3.3.3 - <i>Seqüestro de Carbono</i> .....	71
3.3.2.1 - Carbono armazenado nas árvores .....	73
3.3.2.1 - Liberação de carbono pelos produtos madeireiros.....	74
3.3.2.1 - Fluxo de carbono nos solos .....	74
3.3.4 - <i>Recreação e Lazer</i> .....	78
3.3.5 - <i>Análise Custo- Benefício</i> .....	82
3.3.5.1 - 6%a.a de taxa de desconto .....	83
3.3.5.1.1 - <i>Conversão de criação de ovelhas para floresta de coníferas</i> .....	83
3.3.5.1.2 - <i>Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de coníferas</i> .....	84
3.3.5.1.3 - <i>Conversão de criação de ovelha para floresta de folhosas</i> .....	85
3.3.5.1.4 - <i>Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de folhosas</i> .....	85
3.3.5.2 - 3%a.a de taxa de desconto .....	86
3.3.5.2.1 - <i>Conversão de criação de ovelhas para floresta de coníferas</i> .....	86
3.3.5.2.2 - <i>Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de coníferas</i> .....	87
3.3.5.2.3 - <i>Conversão de criação de ovelhas para floresta de folhosas</i> .....	87
3.3.5.2.4 - <i>Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de folhosas</i> .....	87
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
3.4.1 - <i>Principal Contribuição Metodológica</i> .....	90
3.4.2 - <i>Principal Contribuição Empírica</i> .....	91
<b>4 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>92</b>

## 1 . INTRODUÇÃO

O dinheiro pode ser considerado uma das invenções mais importantes, sendo a base para a tomada de decisões em todos os níveis da sociedade. Porém, uma limitação dos sistemas econômicos atuais é o fato de lidarem principalmente com bens e serviços produzidos pelo ser humano, deixando sem preço e subvalorizados (externos ao sistema monetário) os igualmente importantes bens e serviços naturais que sustentam a vida na Terra. 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 mundial sofre conseqüências; os bens e serviços de todos os tipos tornam-se mais escassos, custando mais para serem produzidos ou preservados.

Grande parte das mudanças ambientais é relacionada às alterações no uso da terra, cuja motivação possui diversos fatores. Certamente, um dos mais poderosos é o retorno econômico de uma terra “produtiva” comparado com o retorno econômico de uma terra “natural”. Observa-se que a substituição de ecossistemas silvestres ocorre devido à existência de vários tipos de sistemas de incentivos, incluindo, por exemplo, subsídios à agropecuária. Por outro lado, muitas funções e serviços ofertados por ambientes nativos não possuem valor de mercado. Como conseqüência, o balanço financeiro estimula a conversão do ambiente nativo em terra “produtiva”, ou seja, o retorno financeiro da conversão excede ao retorno da conservação. Isto é resultado que deriva de uma perversão econômica – o mercado falha ao alocar recursos, porque muitos destes recursos não têm preço, ainda que eles tenham valor econômico potencialmente substancial.

O mercado é o meio através do qual os preços se materializam. Se não há mercado para os bens e serviços florestais, por exemplo, então será ignorado o fato de que a floresta tenha valor econômico. É comum que iniciativas políticas governamentais e às vezes espontâneas auxiliam mais à conversão que à conservação efetivamente. Esta observação ajuda a definir o primeiro estágio do argumento ambiental para corrigir os vieses do sistema econômico. Este estágio

consiste em demonstrar que há valor econômico nos sistemas naturais e estimá-lo. A título de exemplo, Costanza et al. (1997) revelam que, considerando 17 serviços ambientais prestados por todos os biomas existentes, o valor anual médio estimado desses serviços é de US\$33 trilhões, praticamente o dobro do Produto Interno Bruto de toda a economia mundial<sup>1</sup>. O segundo estágio envolve o redesenho de instituições, inserindo este valor econômico no fluxo financeiro. Há muitos exemplos de mecanismos de captura – taxas ambientais, protocolos verdes, pagamentos por serviços ecológicos etc.

As complexas interações entre a economia e o ambiente constituem, simultaneamente, o foco e o principal desafio para a pesquisa aplicada em Economia Ambiental. Em geral, análises oriundas das geociências tendem a desconsiderar variáveis econômicas que influenciam grandemente nas decisões dos agentes envolvidos. Por outro lado, análises econômicas tendem a desconsiderar fatores biofísicos relacionados ao espaço. Ambas estão fadadas a “falhar”, principalmente no que tange à gestão territorial. A junção de variáveis econômicas e espaciais pode torná-las mais representativas da realidade, permitindo maior assertividade em suas aplicações. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possibilitam a incorporação desta complexidade através da manipulação de diversas bases de dados de diferentes formatos, evitando excessivas simplificações em suposições irreais.

Revisou-se uma obra fundamental neste tópico<sup>2</sup>, cujos autores examinaram o potencial econômico da conversão de terra agricultável (utilizada para produção de alimentos e fibras) em florestas de uso múltiplo em Gales, adotando-se a técnica de Análise Custo-Benefício com auxílio de SIG para análises espaciais em problemas complexos de cobertura e uso da terra – observando-se detalhadamente questões como custos de oportunidade, produção madeireira, retenção de carbono e recreação e lazer, incluindo temas complementares como

---

<sup>1</sup> US\$18 trilhões por ano

<sup>2</sup> Bateman, I. J.; Lovett, A. A.; Brainard, J. S. **Applied Environmental Economics: A GIS Approach to Cost-Benefit Analysis**. 2003. 336p.

a avaliação de preferências ambientais e a transferência espacial de custos e benefícios. Nessa obra, os autores estimaram valores não-mercantis da terra que foram monetarizados e adicionados aos valores de mercado. A análise final é uma mistura de estimativas moduladas por um SIG, com validação. Este resultado possibilitou a reconfiguração hipotética do uso da terra em Gales sob a suposição de que serviços ambientais não-mercantis e mudanças de valores de mercado são integrados em rendimentos de produção e, principalmente, aplicou análises de Economia Ambiental para suporte de tomadas de decisão, oferecendo uma ferramenta de suporte político. A base teórica da Análise Custo-Benefício é convencional, porém esta abordagem foi inovadora.

O que torna esta aplicação particularmente interessante ao contexto presente é a referência para valoração de bens e serviços florestais contidos nos fragmentos de matas presentes nas propriedades utilizadas para produção canavieira. Estes fragmentos tendem a sofrer mais pressão para supressão, principalmente devido à expansão do Programa de Biocombustíveis, prevista no Plano Nacional de Energia (MME; EPE, 2007), tendo como principal componente o etanol. Esta expansão gera estímulos para o aumento da produção de cana-de-açúcar, implicando simultaneamente no aumento de produtividade e de área plantada.

O presente documento foi dividido em duas partes, das quais a primeira refere-se à fundamentação das principais correntes teóricas que integram economia e ambiente, com enfoque à vertente denominada Economia Ambiental e algumas técnicas de atribuição de valores monetários aos bens e serviços ambientais, tais como a Valoração Contingencial e o Método de Custos de Viagem. Devido à sua utilidade como apoio à tomada de decisão, também foram abordados conceitos relacionados à Análise Custo-Benefício e aos Sistemas de Informações Geográficas. Justifica-se este recorte pelo fato de se concentrar em algumas idéias básicas relacionadas aos métodos de preferências individuais para bens não-mercantis, tais como os ofertados pelo ambiente.

Na segunda parte, foi abordado um estudo de caso, com valoração de alguns bens e serviços florestais – madeira, retenção de carbono e recreação –

comparando-se com bens e serviços agropecuários – gado leiteiro e ovelha – através de uma Análise Custo-Benefício auxiliada por SIG.

## **2 . PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO**

### **2.1 “Economias” do Meio Ambiente – Conceitos Básicos e Algumas Correntes Teóricas**

#### 2.1.1 - Introdução

No período em torno do ano de 1900, um grupo de estudiosos denominados “economistas holísticos” formou uma escola crítica<sup>3</sup> aos modelos econômicos daquela época (GRUNCHY, 1947). Os “holistas” reclamaram que economistas clássicos davam pouca atenção à economia como um todo dinâmico em funcionamento, contentando-se apenas em centrar as suas atenções nas partes separadas. Conseqüentemente, seus modelos tendiam a ser rígidos e mecanicistas, fornecendo predições insatisfatórias sobre o mundo real. Arthur Cecil Pigou, em 1920, estava entre os primeiros economistas a contestar a capacidade do mercado como alocador eficiente de recursos, indicando, assim, uma perturbação que ocorre quando o interesse privado prejudica o interesse público. Ele sugeriu a implantação de impostos e subsídios como um meio de se igualarem os custos particulares e sociais (ODUM, 1983).

Qualquer desenvolvimento posterior de uma economia holística foi relegado a segundo plano pelo rápido crescimento na riqueza monetária e material ocasionado pelo petróleo. A teoria clássica de crescimento serviu bem enquanto o suprimento de petróleo excedia à demanda. A partir do momento em que ficou claro o declínio das reservas petrolíferas, emergiu novamente uma vertente crítica<sup>4</sup> à economia clássica e neoclássica, incluindo valores culturais e ambientais juntamente com valores monetários (ODUM, 1983). Alguns trabalhos clássicos e seminais, tanto de economistas quanto não-economistas, surgiram no período, promovendo forte impacto nos meios acadêmicos e ambientalistas, como "The

---

<sup>3</sup> Holoeconomia

<sup>4</sup> Bioeconomia

Economics of the Coming Spaceship Earth" (1966) de Kenneth Boulding, "On Economics as a Life Science" (1968) de Herman Daly, "The Entropy Law and the Economic Process" (1971), de Nicholas Georgescu-Roegen, "Environment, Power and Society" (1971), de Howard T. Odum, entre outros. De tais autores provém uma linha de raciocínio com base nos princípios e conceitos biofísicos ambientais e ecológicos envolvidos, o que levou naturalmente a que estes princípios entrassem na discussão em torno da própria natureza do processo econômico e de suas relações com os recursos ambientais. Deste modo, constituiu-se um campo próprio de análise do sistema econômico, apoiado em conceitos e ferramentas biofísico-ecológicas, o qual produziu abordagens e resultados diferenciados (e mesmo divergentes) dos encontrados pelas teorias econômicas convencionais.

De modo geral, ecologistas e economistas concordam que é urgente a correção dessa limitação do mercado, principalmente pelo fato de que a ação pelo Estado torna-se cada vez mais difícil, restrita ou atrasada, face à crescente pressão do crescimento econômico sobre a utilização da terra. Além disso, economistas, ecologistas e cientistas políticos tendem a lidar com apenas uma parte do problema (e tendem a se culpar uns aos outros pelas falhas). Desde então, surgiram diversas correntes teóricas e técnicas de mensuração, tentando estabelecer uma nova disciplina que lidasse com a totalidade do problema de valores de mercado e externos a ele. A Bioeconomia é um termo que foi sugerido para denominar uma disciplina que consideraria o papel dos sistemas bióticos abióticos e antrópicos na sustentação da economia geral (GEORGESCU-ROEGEN, 1977; CLARK, 1981). Além das ferramentas econômicas, alguns conceitos ecológicos, tais como as abordagens de entradas e saídas e de sistemas, passam a ser utilizados. Mais recentemente, a incorporação de SIGs e dados remotos (tais como fotografias aéreas e imagens orbitais) tornou-se uma realidade.

### 2.1.2 - Serviços Ambientais

A abordagem teórica sobre a relação entre economia e ambiente requer a incorporação do conceito de serviços ambientais. *“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”* (JOHN, 2008; p. 459).

A caracterização dos serviços ambientais derivou dos estudos de valoração ambiental e da inclusão de fatores ambientais em negociações comerciais e acordos internacionais. A princípio, os serviços eram considerados custos ambientais e estavam associados às avaliações de impactos. Essa caracterização negativa, de custo, evoluiu para um conceito positivo, de serviços prestados e, geralmente, não remunerados adequadamente.

### 2.1.3 - Externalidades

Recebem esta denominação por serem valores externos ao mercado. Referem-se geralmente aos bens e serviços da natureza, às vezes denominados bens e serviços gratuitos, comunais ou públicos. Podem ser positivas – quando resultam em aumento de renda para outros agentes sem pagar por seus benefícios – ou negativas - quando resultam em perda para outros agentes econômicos por suportarem o malefício adicional (SILVA, 2005; 2006).

Farnworth et al. (1981) classificam as externalidades em:

- Valores atribuíveis e consignáveis – Podem receber valores monetários dentro de uma linguagem convencional da economia de mercado, ou seja, os conceitos e a linguagem da economia de mercado podem ser aplicados, e valores monetários consignados. Ex.: o valor de um rio para a assimilação de efluentes (valor de uso direto).
- Valores não-atribuíveis, impalpáveis – Não podem ser tratados no sistema econômico convencional de computação de custos ou de análise de custos e benefícios. Trata-se de valores individuais e públicos em vez de privados (estando, muitas vezes, em conflito com estes). Ex.: valores de manutenção da vida próprios de ecossistemas naturais, tais como florestas, campos naturais, rios, lagos e oceanos, que operam, tamponam e estabilizam ciclos atmosféricos, minerais e hidrológicos (valor de uso indireto).

#### 2.1.4 - Falha de Mercado

Uma falha de mercado ocorre quando a sociedade considera alguns valores como mais ou menos desejáveis do que os preços de mercado indicam. Bator (1958) define a falha do mercado em termos da teoria da alocação, como o *“insucesso de um sistema mais ou menos idealizado de instituições do mercado de preços em sustentar atividades ‘desejáveis’ e interromper atividades ‘indesejáveis’*”. Do ponto de vista tradicional da economia, a intervenção política no mercado é necessária para se proteger o valor humano e para se alocarem recursos escassos ou recursos para os quais não há substitutos (terra e água, por exemplo). Em geral, quando se trata da alocação de muitos recursos naturais e ambientais, existe falha de mercado.

Parte do problema deriva da forte dicotomia entre os valores de mercado e os externos a ele. Os bens e serviços industriais do mercado, tais como automóveis ou eletricidade recebem valores monetários, enquanto que os bens e serviços ambientais permanecem, na maior parte, externos ao sistema econômico, recebendo pouco ou nenhum valor monetário. Brown (1978) fez o seguinte comentário:

*“Os economistas não estão acostumados a pensar sobre o papel dos sistemas biológicos na economia, e muito menos sobre a condição destes sistemas. A mesa de trabalho do economista pode estar coberta de referências que contêm os indicadores mais recentes da saúde da economia, porém, raramente, o economista preocupa-se com a saúde dos principais sistemas biológicos da Terra. Esta falta de consciência ecológica tem contribuído a algumas das falhas nas análises econômicas e formulações de políticas”.*

Entre os obstáculos que impedem a correção das falhas de mercado em relação ao ambiente, estão as políticas e teorias econômicas excessivamente restritas que dominam a política mundial. Coase (1960), Pearse (1968) e Randall (1972) aprofundaram as questões sobre falhas e valores externos ao mercado.

### 2.1.5 - Engenharia Ecológica e Teoria Emergética<sup>5</sup>

Engenharia Ecológica é o estudo e aplicação de metodologias para avaliação e gestão de projetos, considerando-se os valores ecossistêmicos e culturais, para benefício de ambos (HABERKORN, 2003). Com o objetivo de descrever o funcionamento energético de ecossistemas visando prever seu comportamento no decorrer do tempo, se propõe a integrar, através da Teoria Geral de Sistemas, os conhecimentos da ecologia e da engenharia. Essa informação permite fazer diagnósticos dos ecossistemas modificados e propor políticas públicas e privadas adequadas.

Desde a década de 1960, procura-se dar um sentido mais prático (ou de engenharia) aos conhecimentos ecológicos. Sem dúvida, um dos trabalhos mais notáveis nesse sentido, é a obra de Howard Thomas Odum, da Universidade da Flórida, que, na formulação teórica da Engenharia Ecológica, contou com a colaboração de Eugene C. Odum, Mark T. Brown, Sergio Ulgiati, William J. Mitsch e muitos outros.

A Engenharia Ecológica, tal como concebida por Odum (1996), analisa os fluxos de energia e materiais nos ecossistemas para mostrar, através de índices quantitativos, a dependência dos sistemas produtivos humanos em relação às fontes de energia naturais e às derivadas de energia fóssil. E, neste sentido, descobrir possibilidades de interação entre os sistemas da economia e os ecossistemas, adotando uma visão sistêmica, buscando-se converter a economia linear atual em uma economia circular, conforme indicado na Figura 2.1.

---

<sup>5</sup> Também chamada de Contabilidade Emergética.

### ECONOMIAS LINEARES



### ECONOMIAS CIRCULARES

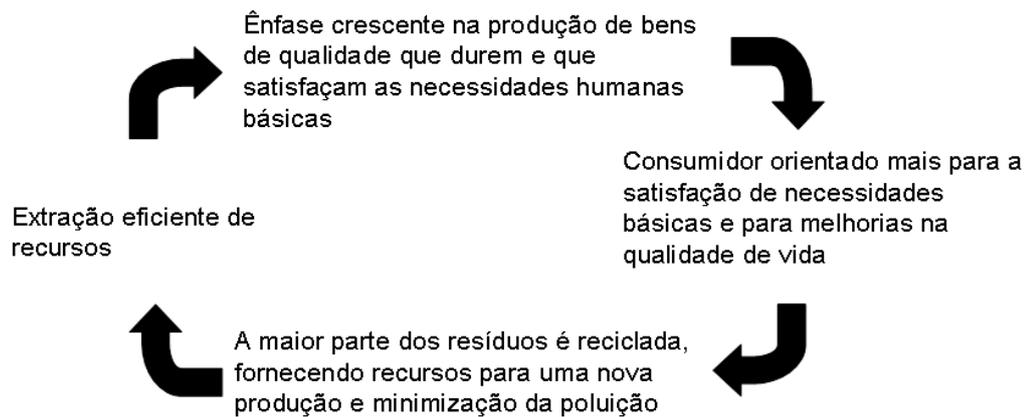


Figura 2.1 - Economias Lineares e Economias Circulares.  
Fonte: Jones (1977).

O desenvolvimento da Teoria Emergética tem suas raízes no estudo da energia e nos princípios da termodinâmica geral, a qual teve seu início no século XVIII. A principal premissa é que se ambas as partes (ambiental e econômica) de um sistema populacional humano requerem energia, é necessário medir as suas contribuições em uma base comum, considerando-se todos os fluxos que ocorrem nos ecossistemas em uma mesma unidade (a energia solar equivalente), e assim viabilizar a comparação dos fluxos do sistema entre si e com outros ecossistemas. A metodologia trata todos os fluxos (matéria, energia, dinheiro, informação) em uma unidade comum denominada Emergia, ou energia solar incorporada. Para tal, é necessário transformar todos estes fluxos (kg, J, \$, bites) em emergia solar, usando o fator de conversão conhecido como transformidade, um valor específico para cada fluxo.

---

Os fluxos de energia provêm dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e da contribuição da economia (materiais e serviços). Também se contabiliza a energia dos produtos do sistema. Os índices de energia permitem comparar as contribuições da Natureza e da Economia na composição do produto e medir, entre outros parâmetros, a sustentabilidade, o impacto ambiental e a capacidade de carga do ecossistema.

Desta forma, o sistema econômico corresponderia ao modelo geral de sistemas, que possui uma retroalimentação interna. Bernstein (1981) comenta que a *“ciência econômica deve desenvolver uma teoria coerente sobre o comportamento da tomada de decisões que seja aplicável a todos os níveis de organização de grupos. Isto demandará a definição dos interesses próprios em termos da sobrevivência, em vez de em termos do consumo”*. Tal mudança submeteria o comportamento econômico a algo parecido com a seleção natural.

### 2.1.6 - Qualificação da Energia – Base para Economia Ecológica<sup>6</sup>

Embora possam discordar quanto à percepção da urgência das falhas de mercado e dos meios para corrigi-las, de modo geral, os pesquisadores dessa área concordam que a teoria econômica ligada à teoria energética, corretamente compreendidas, fornece o potencial para se incluir os serviços ambientais como um valor econômico, não como um bem “gratuito”. A Economia Ecológica tenta apresentar-se como contraponto à economia neoclássica-keynesiana. O ponto de partida é a primeira escola econômica, a fisiocracia de Quesnay, cujo pressuposto básico, como fonte geradora de valor, é a terra (FOLADORI, 2001). Georgescu-Roegen (1975) mostrou sua discordância com a concepção mecânica dos economistas clássicos, dizendo que o que deveria vigorar é a termodinâmica, uma vez que não é certa a existência de uma base estacionária e reversível dos insumos e produtos, mas uma perda contínua e gradual no processo de produção (2ª Lei da Entropia). A crise ambiental e a busca por sustentabilidade motivam a inclusão da problemática da entropia no pensamento econômico, uma vez que a sustentabilidade do planeta está associada à capacidade de absorver a alta entropia do meio gerada pela atividade econômica e a base material que serve de suporte – a relação entrópica do processo econômico é representada pela degradação dos recursos naturais e poluição do meio ambiente (CAVALCANTI, 1997; SOUZA-LIMA, 2004).

Os fluxos monetários e energéticos estão intimamente ligados, pois o dinheiro constitui um contra-fluxo ao fluxo de energia: o dinheiro circula, e a energia não. Em termos gerais, a qualidade da energia é medida pela distância do Sol, em termos termodinâmicos. O fluxo energético real, em um dado nível, multiplicado pelo fator de qualidade, denomina-se a energia incorporada daquele componente. Teoricamente, o dinheiro pode ser convertido em unidades de energia corrigidas segundo a qualidade, uma vez que o custo de bens e serviços está intimamente relacionado com a quantidade de energia gasta na sua produção. A finalidade da Economia Ecológica é estabelecer um valor monetário para os bens e serviços da

---

<sup>6</sup> Também chamada de Economia Biofísica.

---

natureza (GEORGESCU-ROEGEN,1976). Costanza (1980) utilizou análises de entradas e saídas para calcular a energia total (direta e indireta) incorporada, necessária para a produção de bens e serviços na economia dos EUA, mostrando que havia uma forte relação entre a energia incorporada e o valor em dólares em muitas seções da economia.

A Tabela 1 apresenta algumas das diferenças importantes entre Economia Ecológica, Economia convencional e Ecologia convencional. Segundo Costanza e Maxwell (1994), esses enfoques "convencionais" são figuras alegóricas construídas simplesmente para enfatizar os contrastes, tendo como efeito colateral indesejado de mascarar a grande diversidade de enfoques que se encontram atualmente tanto na ecologia quanto na economia.

De acordo com Boulding (1978), o conceito de evolução é uma linha mestra tanto para a Ecologia quanto para a Economia Ecológica. Conforme Costanza e Maxwell (1994), a Economia Ecológica difere da Economia e da Ecologia convencionais tanto em termos de amplitude da sua percepção do problema, quanto na importância que atribui à interação do meio ambiente -economia. Ela assume esta visão mais ampla e abrangente em termos de espaço, tempo e das partes do sistema a serem estudadas. Pode ser verificado outro elemento diferenciador da Economia Ecológica em relação à convencional. A primeira atribui aos seres humanos, enquanto espécie, maior ênfase sobre a mútua importância da evolução cultural e biológica.

	<b>Economia Convencional</b>	<b>Ecologia Convencional</b>	<b>Economia Ecológica</b>
Visão básica do mundo	Mecanicista, estatística, atomística.  Gostos e preferências individuais tomados conforme expressas e consideradas como a força do dominante.  A base de recursos considerada como sendo essencialmente ilimitada devido ao progresso técnico e à substituíbilidade infinita.	Evolucionária, atomística.  Evolução atuando em nível genético considerada força dominante.  A base de recursos é limitada. Seres humanos são só mais uma espécie, mas raramente estudada.	Dinâmica, sistemática, evolucionária.  Preferências humanas, compreendendo que a tecnologia e a organização co-evoluem para refletir amplas oportunidade e limitações ecológicas.  Seres humanos são responsáveis por compreenderem seu papel dentro do sistema maior e por gerenciarem-no para a sustentabilidade.
Quadro temporal	Curto prazo.  50 anos no máximo, 1-4 anos em geral.	Escala múltipla.  Dias a eras, mas escalas temporais muitas vezes definem subdisciplinas que não se comunicam.	Escala múltipla.  Dias e eras, síntese em escala múltipla.
Quadro espacial	Local e internacional.  Estrutura invariante em escala espacial crescente, unidades básicas mudam de indivíduos para firmas e para países.	Local e regional.  Maior parte da pesquisa concentrada em sítios relativamente pequenos dentro de um só ecossistema, mas escalas maiores vêm-se tornando mais importantes ultimamente.	Local a global.  Hierarquia das escalas.
Quadro de Espécies consideradas	Apenas humana.  Plantas e animais apenas raramente incluídos para o seu valor de contribuição.	Apenas não-humanos.  Tentativas de encontrar ecossistemas "primitivos", intocados pelos seres humanos.	Todo ecossistema, inclusive os seres humanos.  Considera as interconexões entre os humanos e o resto da natureza.
Objetivo micro principal	Max. lucros (firmas).  Max. utilidade (indivíduos).  Todos os agentes seguindo micro objetivo levam à realização do macro objetivo. Custos e benefícios externos são superficialmente reconhecidos mas não são geralmente levados em conta	Max. sucesso reprodutivo.  Todos os agentes seguindo micro objetivo levam à realização do macro objetivo.	Precisa ser ajustado para refletir os objetivos do sistema.  Organização social e instituições culturais em níveis mais elevados da hierarquia espaço-tempo aperfeiçoam os conflitos produzidos pela busca míope de micro objetivos em níveis mais baixos e vice-versa.
Pressupostos sobre o progresso técnico	Muito otimista.s	Pessimistas.	Otimistas.
Postura acadêmica	Disciplinar.  Monística, enfatiza ferramentas matemáticas.	Disciplinar.  Mais pluralista do que a economia, mas ainda focalizando as ferramentas e técnicas. Poucas recompensas por um trabalho abrangente integrador.	Transdisciplinar.  Pluralística, enfoque em problemas.

Tabela 2.1 Comparação entre Economia e Ecologia convencionais e Economia Ecológica  
Fonte: Costanza e Maxwell (1994).

Talvez o ponto mais polêmico entre as ciências convencionais e a Economia Ecológica sejam suas hipóteses implícitas, acerca do progresso técnico. Schumacher (1973) criticou o otimismo tecnocêntrico, mostrando as limitações da tecnologia, principalmente no que tange aos problemas ambientais em escala global. Simon (1981) afirmou que os ambientalistas estão perpetuando o mito de uma crescente escassez de recursos e minimizou o papel dos fatores biológicos, afirmando que *“nossos suprimentos de recursos naturais não são finitos em nenhum sentido econômico”* e que *“não há razão alguma para que a engenhosidade e a iniciativa humanas não possam continuar para sempre a responder a escassezes iminentes e problemas existentes com novos expedientes que, após um período de ajustamento, deixam-nos em melhor situação do que antes do surgimento do problema”*. Muitos poucos estudiosos em qualquer disciplina aceitam esta visão extrema (BOULDING, 1982).

Tal questionamento vem exigindo posturas no mínimo prudentes no trato da questão tecnológica. Neste particular, a Economia Ecológica reconhece que o progresso tecnológico constantemente promove a superação de limites naturais pelo aumento de eficiência e pela substituição de recursos exauríveis por renováveis, porém reconhece que há limites físicos, seja de recursos renováveis ou não-renováveis, adotando uma posição de "ceticismo prudente", a qual busca justamente delimitar as escalas em que as restrições ambientais podem constituir limites efetivos às atividades econômicas. De qualquer modo, segundo Costanza (1991), a garantia da sustentabilidade dos sistemas econômicos e ecológicos depende da capacidade para traçar objetivos locais e de curto prazo consistentes com objetivos globais e de longo prazo como a sustentabilidade e a qualidade de vida mundial.

### 2.1.7 - Economia Ambiental<sup>7</sup>

A Economia Ambiental abarca um grande número de aspectos da questão ambiental, envolvendo o desenvolvimento e crescimento econômico, as políticas públicas e a mensuração monetária dos custos e benefícios ambientais.

Há duas abordagens:

- Economia da Poluição (saída): parte do pressuposto de que a degradação ambiental significa uma externalidade negativa. Isto se dá pelo caráter público dos recursos naturais. O processo de internalização conduz ao nível ótimo de poluição/degradação. Estes danos ambientais devem ser incorporados aos custos privados e sociais, possibilitando a determinação do nível socialmente ótimo de poluição – equalização dos custos e benefícios da poluição ou despoluição;
- Economia dos Recursos Naturais (entrada): trata do aspecto de exaustão dos recursos naturais, buscando encontrar o nível ótimo de exploração dos recursos - renováveis e não renováveis ao longo do tempo.

De acordo com Agüero (1996), a Economia Ambiental se apropria de conceitos provenientes da economia neoclássica:

- Individualismo Metodológico – o agente econômico é um ser racional e procura maximizar a sua utilidade. Ou seja, a escolha é uma ação racional realizada pelo agente econômico que procura sempre ter a maior satisfação;
- Utilidade – O consumo reflete a transformação de bens, serviços e amenidades (consumo direto de serviços ambientais) em satisfação para o indivíduo. Ou seja, o consumidor procura escolher, dentre os diversos tipos

---

<sup>7</sup> As seções 2.1.7, 2.1.8 e 2.2.2 foram redigidas com base no material de aula do Dr. Wilson Cabral de Sousa Jr. (Instituto Tecnológico Aeronáutico)

de mercadoria, aquelas que são as suas preferidas, maximizando a sua satisfação ou utilidade. Caso exista uma atividade que degrade o ambiente, esta está afetando a utilidade (a satisfação) de um agente econômico. Para que o equilíbrio ótimo seja estabelecido, estes custos externos devem ser internalizados;

- Equilíbrio – Pressupõe-se que o sistema é capaz de atingir uma posição de equilíbrio único e estável. O equilíbrio de mercado se dá pela interação entre suprimento e demanda. Ou seja, o preço de equilíbrio no mercado é atingido onde a curva de demanda de mercado (somatória de todas as demandas individuais) encontra a curva de oferta de mercado. O equilíbrio competitivo segue o princípio de eficiência;
- Eficiência – A eficiência somente é atingida através da economia privada de mercado. Visa:
  - atingir um dado objetivo com o menor custo;
  - atingir a melhor renda com os meios adequados;
  - não existe perda na economia.

Condições para que isso ocorra:

- direitos de propriedade;
- inexistência de custos de transação;
- não existência de bens públicos;
- informação perfeita;
- competição perfeita;
- existência de mercados atuais e futuros.

Se uma dessas condições não é satisfeita, a eficiência não é atingida, e há as falhas de mercado, expressas em externalidades. Como consequência:

- mais recursos são explorados - exploração ineficiente de recursos;
- poluição demais é gerada - externalidade negativa;
- o preço do recurso é muito baixo - não inclui os custos ambientais.

---

Existem dois grandes grupos de políticas de controle da poluição:

- Política de Comando e Controle – busca fixar padrões de qualidade ambiental e sanções legais para quem não as cumprir;
  - taxas ou subsídios pigouvianos;
  - trocas coaseanas;
  - licenças negociáveis.
- Políticas econômicas com ênfase em mecanismos de mercado – avaliação da disponibilidade e dos usos dos recursos naturais pela economia. A valoração ambiental é o instrumento utilizado na avaliação da disponibilidade e uso dos recursos.

## 2.1.8 - Sustentabilidade Fraca e Sustentabilidade Forte

Estes termos foram cunhados pelo economista David Pearce e seus colegas em 1989. Foi um marco histórico no entendimento de como a economia via a questão ambiental. A sustentabilidade fraca se baseia no paradigma neoclássico (Economia Ambiental), enquanto a sustentabilidade forte está relacionada à Economia Ecológica.

### 2.1.8.1 - *Sustentabilidade Fraca*

Tem como referência dois trabalhos de economistas neoclássicos: Robert Solow e John Hartwick. É baseado na seguinte idéia: o que importa para as futuras gerações é o estoque total agregado de capital produzido e de capital natural (além de outras formas de capital, como humano, social e cultural) e não somente o capital natural. O capital natural é definido de forma genérica, como sendo o estoque de recursos naturais renováveis, recursos naturais não-renováveis e a capacidade assimilativa do ambiente. No entendimento da Sustentabilidade Fraca, o capital natural pode ser substituído pelo capital produzido, característica conhecida como sendo o “paradigma da substituição” ou do “otimismo de recurso”. A escassez crescente de um determinado bem leva ao aumento de preço, o que induz a introdução de inovações que permitem poupá-lo ou substituí-lo por outro recurso mais abundante.

A definição e aplicação de técnicas de valoração ambiental pela Sustentabilidade Fraca (Neoclássica) estão baseadas na premissa de que a natureza somente tem valor se o ser humano atribuí-lo. O valor da natureza é antropocêntrico e não está associado ao seu valor intrínseco, como os serviços de manutenção da homeostase. Existem diferenças essenciais entre os bens e serviços econômicos e os bens e serviços ambientais. A principal diferença é que os bens econômicos são regulados em grande parte pelo mercado, e através dos preços pode-se chegar a um valor desses bens, baseando-se na idéia de equilíbrio entre a oferta e demanda.

Os bens e serviços ambientais não estão inseridos no mercado, ou não estão sujeitos à essa lei, por duas razões:

- os bens e serviços ambientais eram, até há pouco, considerados bens livres, e portanto de preço zero;
- não é possível, em muitos casos, estabelecer direitos de propriedade sobre os bens ambientais. Ninguém poderia arrogar o direito sobre bens e serviços ambientais, não havendo como cobrar pelo seu uso.

Para o estabelecimento de todas essas políticas de inclusão das externalidades no mercado e redução da degradação ambiental ou uso eficiente dos recursos naturais, é necessário o cálculo do valor ambiental. A valoração ambiental é o instrumento para a implantação de uma política econômica para a melhor gestão dos recursos e serviços ambientais.

#### 2.1.8.2 - *Sustentabilidade Forte*

Para a Sustentabilidade Forte, é importante manter o estoque de recursos e serviços ambientais constante, pois não é possível a completa substituição desses recursos pelo capital produzido. A Sustentabilidade Forte é conhecida como sendo o “paradigma da não-substituição”, baseada no conceito de que o capital natural não pode ser substituído por outro tipo de capital.

Além do economista David Pearce e seus colegas, outros autores possuem diversos trabalhos que tratam do tema, tais como: Paul Ekins, Michel Jacobs, Clive Spash, Herman Daly e Robert Costanza.

Existem duas linhas de interpretação sobre a Sustentabilidade Forte:

- o valor total agregado do capital produzido com o capital natural e o valor total intrínseco do capital natural devem ser, no mínimo, constantes;
- deve haver a preservação do capital natural não substituível, em termos de estoque físico. Ou seja, o recurso deve ser utilizado de forma a não ultrapassar a sua capacidade de regeneração. As razões:

- há uma grande incerteza ou ignorância com relação à depleção de capital natural;
- a perda de capital natural freqüentemente é irreversível;
- algumas formas de capital natural fornecem funções básicas de suporte à vida;
- existe uma grande rejeição individual na perda de capital natural.

A valoração ambiental dada pela Sustentabilidade Forte está baseada em princípios físicos e biológicos, como a capacidade de suporte, resiliência, medidas físicas do capital natural e fluxo de energia.

A Figura 2.2 ilustra a diferença conceitual entre Sustentabilidade Fraca e Forte.

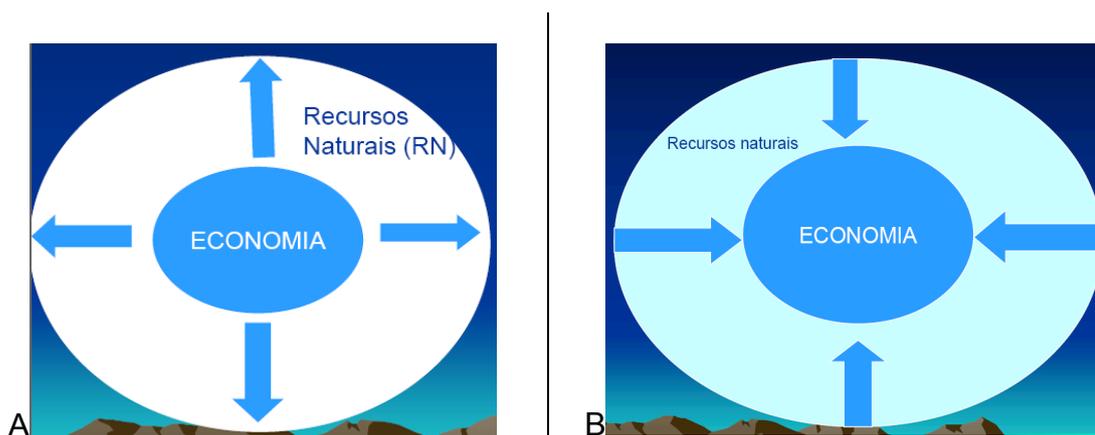


Figura 2.2 - A – Sustentabilidade Fraca; B – Sustentabilidade Forte.  
Fonte: Adaptado de Romeiro et al. (1997).

Onde há otimismo tecnológico e o paradigma da substituição (Sustentabilidade Fraca), os recursos naturais não limitam o crescimento econômico. Já onde não há substituição perfeita (Sustentabilidade Forte), os recursos naturais devem limitar o crescimento econômico.

### 2.1.9 - Considerações Finais

A solução para o problema da valoração deve abandonar a análise econômica neoclássica convencional em favor de avaliações alternativas para estratégias de tomada de decisão. Uma alternativa é basear as decisões em um julgamento especializado e restrito dos critérios econômicos, para a identificação de métodos de custeio para apontamentos. Outra abordagem ocorre através do princípio da precaução, um princípio moral e político que determina que se uma ação pode originar um dano irreversível público ou ambiental, na ausência de consenso científico irrefutável, o ônus da prova encontra-se do lado de quem pretende praticar o ato ou ação que pode causar o dolo. Neste sentido, influencia consideravelmente na precaução de possíveis efeitos nefastos e irrecuperáveis, causados por ações que embora possam não estar científica e empiricamente provados que origem implicitamente esses danos (COSTANZA e DALY, 1992). Porém, em situações onde o princípio da precaução não seja necessariamente aplicado, uma solução baseada em Análise Custo-Benefício com valores baseados nas preferências individuais pode ser utilizada como base de uma tomada de decisão – o paradigma da Economia Ambiental, propriamente dito.

Esta escolha entre Economia Ecológica e Economia Ambiental pode ser caracterizada como algo entre princípio e pragmatismo. O argumento para uma abordagem de Economia Ecológica é que nada preservará a integridade ambiental o suficiente para comercializá-la. Um ponto crítico é que esta abordagem rígida falha ao reconhecer os mecanismos através dos quais as tomadas de decisões presentes operam e oferecem riscos ignorados por aqueles que estão no poder (MAY et al., 2003).

Esses dois paradigmas não precisam ser necessariamente conflitantes. Um Princípio da Precaução modificado pode ser utilizado para estimar a abordagem mais apropriada em uma situação de decisão. Em breve, haverá normas para preferência pública entre esses processos. Em caso no qual haja pareceres técnicos ou a opinião pública identifique alto potencial de risco ou incerteza influenciada por uma dada estratégia ou decisão, uma abordagem de precaução da Economia Ecológica deveria ser justificável. Para situações em que isso não

---

ocorra, a análise da Economia Ambiental pode ser adequada. De uma perspectiva de sustentabilidade, ambas são significativamente superiores às avaliações baseadas simplesmente no mercado.

## **2.2 Métodos para Valoração – Conceitos Básicos e Algumas Técnicas**

### **2.3 Existem pelo menos três formas de valoração ambiental, de acordo com preceitos econômicos, políticos e éticos:**

- valor físico funcional do ecossistema – valoração baseada em leis físicas, assumindo-se que o sistema ecológico possui um valor intrínseco, independente das preferências humanas;
- 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 expresso em preferência individuais – estas preferências permitem avaliar os preços de bens e serviços ambientais através da criação de um mercado artificial. Para obter os valores relacionados aos recursos naturais, são utilizadas diversas técnicas, tais como a mensuração da disponibilidade a pagar (ou receber), que reflete as preferências dos indivíduos, em termos de valor de utilidade (satisfação), pelos bens e serviços que desejam. Nestes termos, o valor de um bem ambiental significa a “disposição individual a pagar/receber” por ele. Ou seja, não significa um preço do bem em si.

Foram abordadas somente as técnicas relacionadas ao valor expresso em preferências individuais.

### 2.3.1 -A Natureza do Valor: Diferentes Paradigmas

Talvez a maior expectativa da aplicação de técnicas de Economia Ambiental seja a obtenção do verdadeiro valor. O surgimento de novas disciplinas – como Economia Ambiental e Economia Ecológica – tem propiciado o desenvolvimento de técnicas proeminentes. Entretanto, isso não representa necessariamente uma ruptura radical, mas um retorno aos princípios básicos da análise do verdadeiro valor.

Um ponto inicial útil é o conceito de Valor Econômico Total (VET), cuja estimativa é oposta à concentração dos preços baseados em mercado, atualmente predominante nos processos de tomadas de decisões (PEARCE; TURNER, 1990). A Figura 2.3 ilustra como o VET pode ser fragmentado em partes.

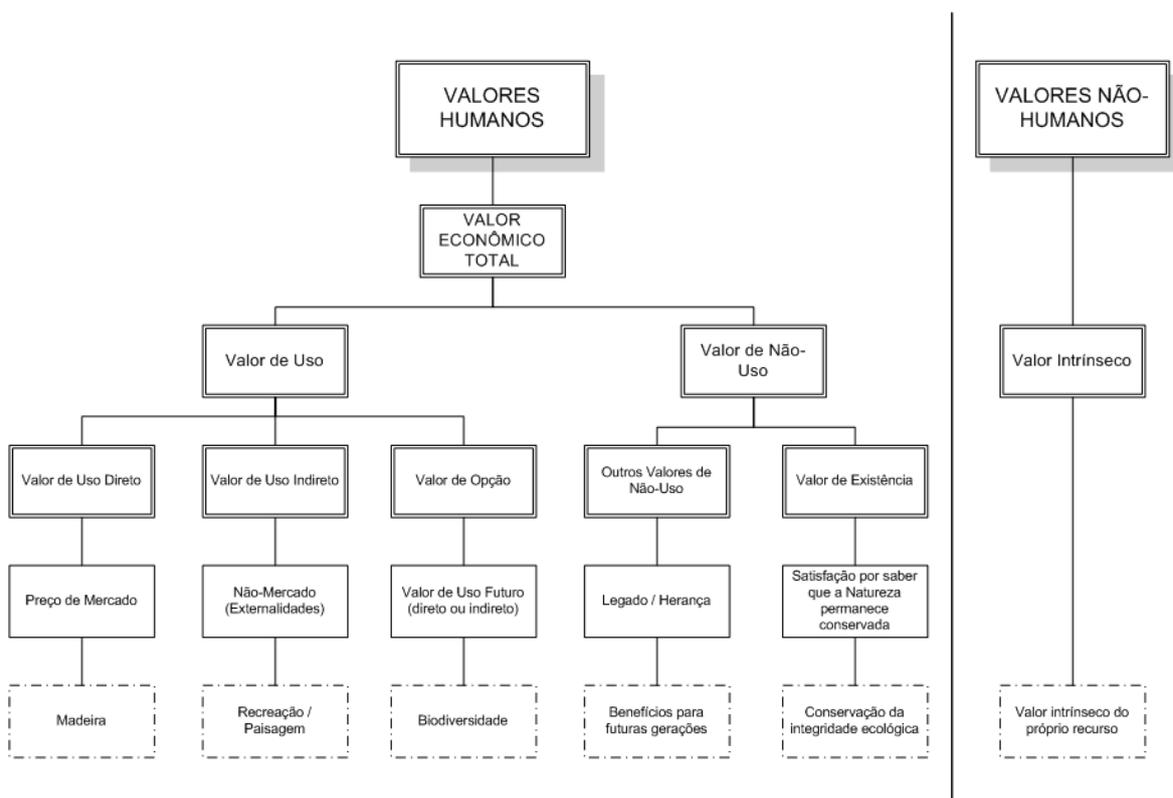


Figura 2.3 - Valor Econômico Total, com exemplos florestais.

Fonte: Adaptado de Bateman (1995); Seralgedin (1993).

Normalmente<sup>8</sup>, são analisados somente os valores de uso direto – relacionados ao preço de mercado. O valor de uso indireto diz respeito aos produtos e serviços externos ao sistema de preços de mercado (externalidades). O valor de opção – que pode ser classificado como valor de uso (uso futuro) ou como valor de não-uso (valor de quase-opção) – refere-se à capacidade de escolha entre utilizar um determinado recurso ou conservá-lo para o futuro, como, por exemplo, potenciais soluções relacionadas à biodiversidade, ainda desconhecidas no tempo presente. O valor de herança é bastante compatível com o conceito de sustentabilidade, em que os ganhos de utilidade individual não são pensados somente para o tempo presente, mas também para um provisionamento às futuras gerações. Valores de não-uso são mais comumente identificados com os valores relacionados à satisfação por saber que um determinado recurso existe, tais como certos habitats e/ou espécies da fauna e flora. Isto é, simultaneamente, um valor intra e intergeracional. Quanto ao valor existência (também chamado de valor intrínseco), trata-se do direito que algo tem de simplesmente existir. Há discussões teóricas sobre a pertinência do “valor de existência” (YOUNG, 1992). Abaixo, algumas definições sobre os valores que compõem o VET.

#### 2.3.1.1 - *Valor de Uso*

Representa o valor atribuído pelos agentes econômicos para uso ou usufruto, propriamente dito, dos recursos.

##### 2.3.1.1.1 - *Valor de Uso Direto*

Trata-se do benefício individual internalizado através de alguma forma de atividade produtiva ou consumo direto do recurso. É o proveito que se pode obter pelo uso e consumo direto de seus derivados, desde que o nível da extração ou qualquer forma de exploração não afete a sua integridade natural, avaliados por

---

<sup>8</sup> Na economia neoclássica convencional.

seu correspondente valor do mercado. Trata-se o caso da extração de madeira, apresentado na Parte II.

#### *2.3.1.1.2 - Valor de Uso Indireto*

Trata-se do benefício do recurso derivado de funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção dos corpos d'água decorrente da preservação das florestas.

#### *2.3.1.1.3 - Valor de Opção*

Valor relacionado a usos futuros dos recursos naturais que podem gerar alguma forma de benefício ou satisfação aos indivíduos. Este conceito surge como parte das especulações existentes nas últimas décadas sobre o significado e transcendência dos bens coletivos ou públicos, especialmente quando se considera sua propriedade, gestão, financiamento e suas projeções no futuro. Especificamente, Weisbrod (1964) desenvolveu o conceito de valor de opção, como sendo igual ao valor que qualquer bem tem quando se consideram as possibilidades de seu uso futuro, pelos consumidores atuais e pelas gerações futuras, e existem possibilidades de expansão da oferta, menor será o grau de importância de seu valor de opção, porque o sistema de preços sinalizaria a situação desse mercado. Disto, deduz-se que, quando um bem é pouco utilizado e existem restrições na oferta, o grau de seu valor de opção é maior, tais como parques e reservas naturais.

#### *2.3.1.2 - Valor de Não-Uso*

##### *2.3.1.2.1 - Valor de Existência*

Representa um valor atribuído à existência independentemente do seu uso atual ou futuro. Trata-se do valor conferido pelos agentes econômicos a certos recursos

naturais, como florestas e animais em extinção, mesmo que não pretendam usá-los ou apreciá-los. Este conceito surge como um esforço para traduzir valores subjetivos em valores econômicos. Krutilla e Fisher (1976) formalizaram este conceito em um trabalho orientado para definir o valor econômico das terras públicas dos Estados Unidos. Eles indicam que, entre os benefícios destes recursos, deveriam ser considerados os benefícios dos consumidores “vicários”, que simplesmente exteriorizam sua satisfação por tomar conhecimento que certas espécies da natureza, conhecidas ou raras, ainda existem, e para cuja preservação eles mostram disposição a pagar. Trabalhos posteriores vieram enriquecer os esclarecimentos sobre este conceito, como:

- a disposição a pagar por estes bens é totalmente independente de qualquer expectativa do uso presente ou futuro destes ativos (DESAIGUES; POINT, 1990; p. 290);
- o valor marginal da existência destes ativos é uma função positiva, porém decrescente, do tamanho do estoque destes recursos (JOHANSON, 1987; p. 186).

Adicionalmente, aparecem os fundamentos subjetivos para o valor de existência dos ativos naturais, descritos nas duas subseções que seguem.

#### *2.3.1.2.2 - Outros Valores de Não-Uso: Valor de Herança*

Está relacionado com o legado para as futuras gerações. As pessoas teriam interesse em deixar para as futuras gerações um bem tangível, como os recursos naturais, que contribua para o seu bem-estar.

#### *2.3.1.2.3 - Outros Valores de Não-Uso: Valor de Quase-Opção*

Parcela do recurso possível de ser utilizada com o aumento do conhecimento. Típico exemplo é o potencial presente na biodiversidade para composição de fármacos, como esperança de cura de doenças.

---

Definições de valores passam por uma referência moral. Questões que envolvem tratamentos de seres humanos, plantas, animais e ecossistemas devem ser avaliadas sob o prisma das preferências humanas. Um bom ponto de partida do utilitarismo convencional é proposto por Turner (1992; 1999), que argumenta que todos os elementos do VET podem ser vistos como secundários para um valor ambiental, o qual seja pré-requisito para a geração dos valores subseqüentes. Todavia, continuam os problemas relacionados com a questão sobre **como** esses valores podem ser mensurados.

### 2.3.2 - Técnicas de Valoração

Os métodos de valoração existentes têm por objetivo captar as distintas parcelas do valor econômico dos recursos naturais, sob o ponto de vista da troca entre os agentes econômicos. Os métodos de valoração monetária podem ser classificados com base no foco em curva de demanda (valoração formal) ou de oferta (técnicas de precificação), tal como expresso na Figura 2.4.

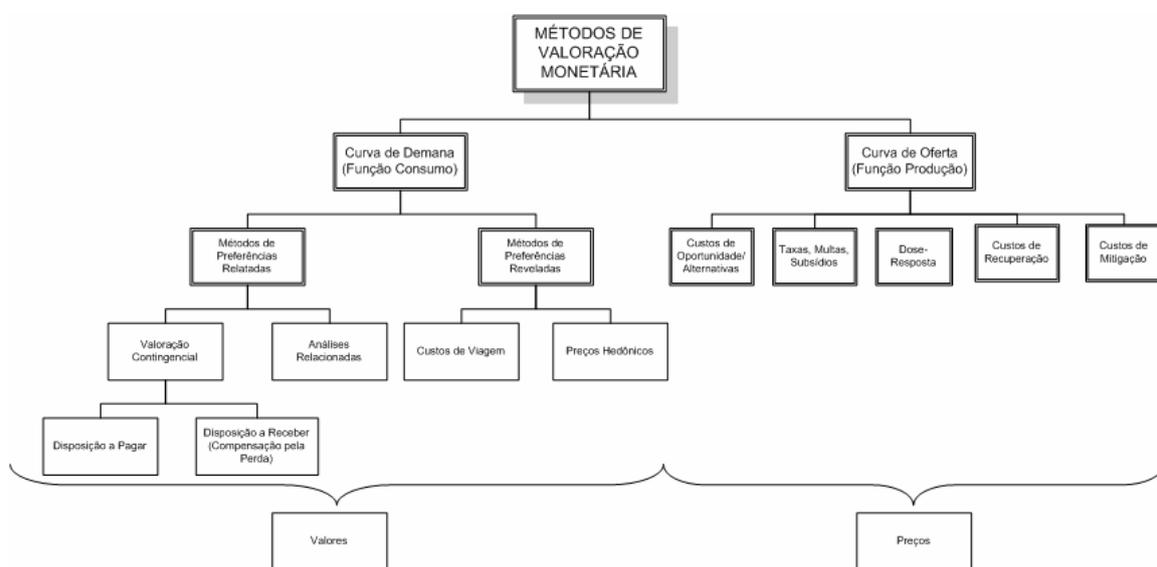


Figura 2.4 - Métodos para valoração monetária de bens ambientais.

Fonte: Adaptado de Bateman (1999).

Em relação à curva de oferta (funções de produção), os principais métodos são: Dose-Resposta, Custo de Recuperação e Custo de Mitigação. Já em relação à curva de demanda, há os métodos de preferência relatada, incluindo a Valoração Contingencial, e os métodos de preferência revelada, incluindo o Custo de Viagem e os Preços Hedônicos.

Em termos teóricos, valoração e precificação são distintos. Valoração é relacionada às preferências individuais, e precificação é voltada à observação de mercado. Enquanto a valoração tem utilidade para a avaliação de projetos,

políticas, tomadas de decisões, as técnicas de precificação refletem o comportamento de mercado, devendo ser integradas à valoração. Preços são informações limitadas para tomadas de decisões. Métodos de valoração são teoricamente mais rigorosos e preferíveis como auxílio à tomada de decisão.

Desaigues e Point (1990) escreveram sobre os métodos para avaliar economicamente o meio ambiente e os ativos naturais, utilizando os conceitos de excedente do consumidor, excedente do produtor, preços embutidos e custo de oportunidade. Assim, os ganhos ou perdas do excedente do consumidor servem, fundamentalmente, para avaliar o ambiente. Estes métodos são: Hedonístico (características diferentes significam preços diferentes), Custo de Viagem (diferenças nos custos de acesso), Contingencial (questionário sobre a disposição a pagar), Valor de Opção (possibilidade futura de uso), Valor de Existência (os ativos têm valor mesmo se eles não são usados). Já os métodos baseados no excedente do produtor são utilizados para avaliar os ativos naturais, tais como: Custos de Oportunidade (renda malthusiana ou o custo de uso), valor da irreversibilidade (esgotamento/usos potenciais no futuro), taxas administrativas (governamentais), usos alternativos dos ativos (igualar a disposição a pagar), Custos de Reparo e Custos de Mitigação.

A elaboração de métodos para avaliar economicamente os recursos naturais deve se sustentar, por um lado, na teoria econômica pertinente e, por outro, nas particularidades próprias de cada recurso natural. Na teoria econômica encontram-se os critérios de utilidade, produtividade, escassez, tempo e outros condicionantes do valor e preço dos recursos naturais. Lustosa et al. (2003) afirma que falta ainda considerar a natureza de cada recurso natural, bem como sua localização geográfica, seu estoque, transporte, tecnologia e outros condicionantes que também participam do valor e preço desses recursos. Na seqüência, são descritos os métodos gerais que, em maior ou menor escala, podem ser aplicados a todos os recursos naturais:

### 2.3.2.1 - *Métodos de Função de Produção*

A racionalidade deste método está em supor que a presença do recurso natural afeta a função de produção de um determinado bem ou serviço. O valor do recurso natural para a produção pode ser medido, assim, pela sua contribuição à produtividade do bem ou serviço analisado, medindo-se como variações na oferta do atributo natural resulta em variações na produção. Os problemas deste método estão na determinação da forma pela qual o recurso ambiental é inserido na função de produção (relação linear ou não-linear) e na consideração de fatores não-ambientais que também interferem na função de produção. Além disso, deve-se ressaltar que este método somente captura valores de uso diretos e indiretos, gerando uma subestimativa do VET.

#### 2.3.2.1.1 - *Mitigação*

Este método estima o valor dos recursos ambientais através dos gastos efetivamente incorridos para mitigar os danos causados pela degradação ambiental, ou seja, considera-se que a perda do atributo ambiental vale, pelo menos, os gastos incorridos na sua recuperação. O problema mais importante dos gastos de mitigação como método de valoração é não se tratar de uma estimativa da importância do recurso natural *per se*, mas apenas dos gastos efetuados na sua recuperação. Além de ignorar valores de opção e existência, caso os danos causados ao ambiente sejam irreversíveis, ao menos no curto prazo, pode haver grande subestimativa do valor total do recurso natural atingido.

#### 2.3.2.1.2 - *Custo de Recuperação/Restauração*

A racionalidade deste método está na determinação de que o atributo ambiental vale ao menos o custo necessário para sua recuperação ou restauração. A diferença é que, neste caso, os gastos não foram efetuados, tratando-se de valores potenciais (enquanto que os gastos de mitigação são despesas efetivas).

A estimativa dos custos de recuperação ou restauração se dá a partir da identificação dos possíveis danos causados pelo impacto ambiental à sociedade, estimando os gastos necessários para a recomposição do ambiente ao estado mais próximo possível do original.

#### *2.3.2.1.3 - Dose-Resposta*

As funções Dose-Resposta são empregadas para estabelecer a relação entre a ação causadora, o atributo ambiental e os efeitos finais, avaliando a perda por um dano marginal associado a mudanças na qualidade de um recurso natural. Em outras palavras, este método tenta estabelecer uma relação entre a dose (fonte causadora) e a resposta (efeito ou mudança), para em seguida atribuir um valor a essa resposta ou efeito observado. Trata-se de um método válido para estimar apenas valores de uso.

#### *2.3.2.2 - Métodos de Função de Demanda*

Os métodos de função de demanda procuram estimar a variação da disponibilidade do recurso que altera o nível de bem-estar das pessoas, identificando qual a disponibilidade a pagar (ou a receber) destas pessoas com relação a esta variação de qualidade ambiental. Estima diretamente os valores econômicos (preço sombra) com base em funções-demanda para esses recursos derivados de mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental ou de mercados hipotéticos artificialmente construídos.

### 2.3.2.2.1 - *Métodos de Preferência Revelada*

Todos os métodos de valoração são ligados de alguma forma às preferências individuais. Todavia, há duas categorias distintas quanto à abordagem: métodos baseados em preferências que são reveladas através do comportamento de consumo e métodos cujas preferências são relatadas através de questionários/protocolos. Técnicas de preferência revelada tipicamente não podem ser aplicadas diretamente à valoração de bens ambientais, devido ao fato de normalmente estarem fora do mercado. Mas há artifícios, como análises de variáveis direta ou indiretamente relacionadas com o recurso a ser valorado.

#### *i. Preços Hedônicos<sup>9</sup>*

O método de Preços Hedônicos tenta identificar um bem privado, cujas características sejam complementares a bens ou serviços ambientais analisados. Uma vez que essa complementaridade é identificada, é possível mensurar o preço implícito do atributo escolhido no preço de mercado deste bem privado. Este método é bastante utilizado na análise de diferenciais no valor de propriedades e/ou salários em função de atributos ambientais. Este método só pode captar valores de uso e, em alguns casos, de opção, que afetem diretamente algum mercado relevante para o proprietário do recurso afetado – não é possível com essa abordagem estimar valores de existência.

Este método foi inicialmente desenvolvido por Rosen (1974) para descrever o equilíbrio espacial quando existe um mesmo bem, porém com características diferentes de seus similares ao longo do território. Posteriormente, Freeman (1979) adaptou este método para aplicações em estudos de caso reais.

---

<sup>9</sup> Também chamado de Método Hedonístico.

## *ii. Custo de Viagem*

Este método tenta determinar uma curva de demanda para atividades de lazer complementares ao uso de um recurso natural, derivados do levantamento dos gastos efetuados pelas pessoas para se deslocarem até o local onde o atributo ambiental está localizado. A premissa básica é a de que os indivíduos estão dispostos a gastar mais, quanto maiores forem os atributos ambientais do local em questão. Uma função de demanda é estimada, verificando a disposição a pagar observada dos usuários para usufruir daquele recurso em função do número de visitas resultantes. As informações sobre esses gastos são obtidas diretamente com os indivíduos que visitam o local estudado e incluem outras variáveis – nível de renda, escolaridade, distância do local de residência ou trabalho – de modo a que sejam estimadas as preferências dos indivíduos que não visitam o sítio, mas que também lhe atribuem importância. O método do Custo de Viagem não é válido para estimar valores de opção e de existência, pois se baseia em informações de indivíduos que estão usufruindo do atributo natural.

De acordo com Randall (1994), este método teve seu início na demanda existente para avaliar economicamente a recreação nos parques nacionais dos EUA e, gradualmente, foi sendo aperfeiçoado para estimar o valor econômico de lugares destinados à recreação, turismo, caça, pesca, banhos, passeios etc. Em princípio, pode ser aplicado em quase todas as situações. É possível realizar uma abordagem individual ou zonal. A primeira é voltada para saber **quantos** visitantes, e a segunda, a **origem** deles.

Dois itens são pertinentes: mensuração e valoração. Mensuração acurada é um ingrediente vital para uma estimativa válida de um bem. Todavia, diversas simplificações são comumente adotadas nesta mensuração, tais como distâncias calculadas em linha reta (e plana), ligando-se dois centróides, velocidades constantes, ignorando-se a qualidade de estradas (elemento importante na tomada de decisão do visitante).

Custos de viagem são compostos de dois elementos principais: despesas diretas com a viagem e o custo de oportunidade do tempo destinado ao lazer. O tempo é um componente importante no custo de visitação e envolve o tempo da viagem e

o tempo de permanência no local. O tratamento dos custos e tempo de viagem na função geral da viagem é o ponto crucial na operacionalização do método de Custo de Viagem.

#### 2.3.2.2.2 - *Métodos de Preferência Relatada*

Diferente dos métodos de preferência revelada, os métodos de preferências relatadas procuram estimar a disposição a pagar e/ou receber de indivíduos atingidos pela manutenção, conservação, restauração ou mudança no(s) atributo(s) do recurso natural em questão. Tenta construir um mercado para um atributo ou serviço de um recurso natural por meio de questionários.

##### *iii. Valoração Contingente*

Esta técnica baseia-se na aplicação de questionários previamente elaborados e que visam obter um valor de uso indireto do atributo. Tem como objetivo trazer à tona os valores expressos pelos indivíduos em termos da disposição a pagar pela melhoria ou manutenção da qualidade de uma determinada área. Baseia-se nas preferências dos consumidores, que, na ausência de mercado, são averiguadas através de questionários (MARQUES e COMUNE, 1996).

É uma técnica utilizada principalmente para identificar valores de uso e de não-uso. Um universo de participantes é escolhido para responder algumas perguntas relacionadas a um cenário ambiental hipotético. Esses são direcionados a responder sobre sua disposição a pagar (ou, às vezes, sua disposição a aceitar uma compensação monetária) em unidades monetárias por uma mudança em algum atributo ambiental. A Valoração Contingencial é cada vez mais utilizada para estimar o valor econômico relacionado às mudanças de qualidade ambiental, tendo a vantagem de poder ser empregada para calcular todos os tipos de valor (de uso, opção e existência).

As perguntas direcionadas aos beneficiários/prejudicados buscam conhecer sua “disposição a pagar”, no caso dos beneficiários, e sua “disposição a receber”, no

caso dos prejudicados. A disposição a pagar significa aceitar uma perda na renda, no caso do entrevistado, ao contrário da disposição a receber, que significa um ganho. Por isso, é de se supor que os indivíduos que são alvos da pesquisa estejam motivados e interessados em expressar suas opiniões e modo de agir sobre os benefícios/danos com que se deparam face às mudanças nos ativos naturais em análise, e que estejam cientes de seu dever/direito de fazer/receber contribuições que poderão significar perdas/ganhos em sua renda pessoal.

Sua implementação envolve diversos estágios. Primeiro, o planejamento com base no mercado hipotético e características do público-alvo e, principalmente, a elaboração do protocolo de coleta de dados. Estes podem possuir diversas formas de extrair informações do entrevistado: podem ter questões abertas, dicotômicas, múltiplas escolhas e, inclusive, um cartão de crédito virtual.

Após completar o questionário, há o estágio da coleta propriamente dita. Pode ser face-a-face ou através de correio eletrônico/telefone, salientando a importância da neutralidade e eliminação de qualquer viés por empatia.

Então se inicia a fase de análise, salientando-se a importância da validação, quase sempre complexa. Há influências relacionadas à ordem das questões, empatia do entrevistador, grau de instrução do entrevistado etc.

Apesar dos valores estimados pela Valoração Contingente poderem ser superiores aos estimados através de Custo de Viagem, eles podem ser comparados (HAUSMAN, 1993).

Segundo Desaiques e Point (1990), as principais desvantagens são:

- A sub/superestimativa das preferências (o passageiro clandestino ou “*Free Rider*”). Os entrevistados não se revelam em sua real disposição a pagar/receber, na esperança de qualificar um menor/maior preço por esses bens e, paralelamente, exageram/diminuem seu interesse por tais bens, para assim conseguir uma maior/menor oferta por eles. Uma possibilidade é que essas contradições se compensem, anulando, assim, esta restrição. O perigo da subestimativa do valor, derivado do desconhecimento da real importância de um ativo natural, é que poderá conduzir a que a somatória

das propostas individuais não compense os valores mínimos observados em outros lugares.

- As dificuldades de visualizar a forma dos pagamentos, já que os interrogados geralmente assinalam os pagamentos indiretos, e impessoais, quando se trata da disposição a pagar, como impostos, em vez de direitos de entrada ou pagamentos extraordinários.
- Em geral, também são exageradas as manifestações da disposição a receber, tanto por se supervalorizar as supostas perdas ou danos, como, também, porque este tipo de pagamento significaria um ganho a mais na sua renda. No tocante a esses bens, poderiam ser tipificados como bens públicos ou quase públicos, dificultando ou impossibilitando a aplicação dos princípios de rivalidade e exclusão, próprios dos bens privados.

#### *iv. Preferência de Grupos Restritos*

Utiliza-se de preferências de grupos restritos ao invés de individuais para avaliar valores econômicos requeridos, como “multi-critérios”.

## 2.4 Análise Custo-Benefício e Valor Presente Líquido

Há diversos indicadores utilizados como suporte à tomada de decisões, tais como a Análise Custo-Benefício, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Tempo de Retorno<sup>10</sup>, o Custo Total de Propriedade (TCO<sup>11</sup>) e o Retorno Sobre Investimento (ROI<sup>12</sup>). A Análise Custo-Benefício é geralmente utilizada para conferir uma perspectiva social à análise. Fornece apoio em tomadas de decisões que envolvem diversos interesses e não somente o interesse individual, além de melhorar a análise e possibilitar a realização de cenários futuros mais realistas. Ao comparar os custos com os benefícios, compatibilizam-se preferências individuais com interesses de diversas partes interessadas, especialistas ou não, democratizando a avaliação. A valoração é incluída para identificar alternativas e custos associados.

A teoria de Análise Custo-Benefício possui dois princípios básicos: i) primeiro, tanto quanto possível, todos os custos e benefícios relacionados ao projeto devem ser conhecidos; e ii) segundo, devem ser mensurados em uma unidade comum – geralmente a moeda (PEARCE, 1986). Uma boa Análise Custo-Benefício para uma determinada ação deve incluir uma dimensão temporal e considerar as expectativas de retorno e dispêndio ao longo de um tempo pré-estabelecido. Custos e receitas são descontados separadamente e a uma determinada taxa. Em investimentos de longo prazo, é possível utilizar os valores anuais uniformes equivalentes dos benefícios e dos lucros. O resultado de uma Análise Custo-Benefício é a representação de um sumário de fluxo de caixa ao longo do tempo. Esta é a base para o cálculo de métricas financeiras (BERGER, 1980).

Segundo Gitman (1997; p. 329), *“o Valor Presente Líquido é considerado uma técnica sofisticada de análise de orçamentos de capital. Esta metodologia*

---

<sup>10</sup> Payback.

<sup>11</sup> Total Cost of Ownership.

<sup>12</sup> Return of Investment.

---

*desconta os fluxos de caixa de um investimento, a uma taxa determinada, a qual é denominada taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital".* A taxa de desconto refere-se ao retorno mínimo que deve ser obtido por um projeto, de forma a manter inalterado o valor de mercado da empresa. É importante salientar que quanto maior for a taxa de desconto (custo de oportunidade) e/ou o período de tempo, menor será o valor presente (ROSS et al., 2002). Por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o VPL é uma das técnicas mais consistentes para análise de orçamento de capital.

## 2.5 Sistema de Informações Geográficas

Um SIG é comumente definido como “um sistema para capturar, registrar, avaliar, integrar, manipular, analisar e exibir dados espacialmente referenciados”. De uma perspectiva organizacional, a utilização de um SIG típico envolve *hardware*, *software*, dado e pessoal qualificado. A origem do que é conhecido hoje como SIG é de 1960, mas sua utilização intensa se deu a partir de 1990 (BURROUGH; MCDONNEL, 1998; LONGLEY et al., 1999; 2001). Tecnologias como CAD (*Computer-Aided Design*), processamento de imagens, sistemas de gerenciamento de banco de dados e mapeamento digital têm contribuído para o desenvolvimento de SIGs, mas os avanços mais representativos para a integração com Economia Ambiental são a capacidade de manipular dados de diferentes fontes e o grande número de funções analíticas.

Um SIG, como definido por Burrough (1986), é um “*poderoso elenco de ferramentas para coleccionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real*”. Na verdade, existem diversas definições para SIG, porém, Rocha (2003) sintetizou-as na definição dos requisitos necessários a um sistema para que este seja considerado um SIG: “*o SIG necessita usar o meio digital, portanto o uso intensivo de informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, e esses dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; o SIG deve conter funções de análise desses dados, variando de álgebra cumulativa (ex.: operações do tipo soma, subtração, multiplicação e divisão) até álgebra não cumulativa (operações lógicas)*”. Para ser capaz de realizar essas operações, e ainda dispor de entrada e saída de dados em diversos formatos, o SIG normalmente integra diversos outros sistemas (ex.: processamento digital de imagens, análise estatística, análise geográfica, digitalização), tendo como ponto central um banco de dados. A Figura 2.5 mostra os diversos sistemas que podem integrar um SIG.

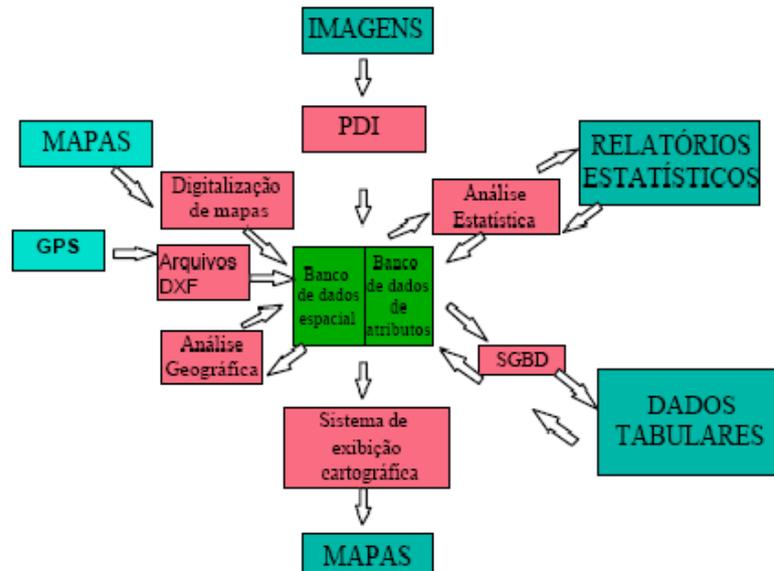


Figura 2.5 - Sistemas que integram um SIG.

Fonte: Adaptado de EASTMAN (1993).

Dessa forma, os sistemas que compõem um SIG podem ser divididos em:

- Sistemas de entrada de dados: sistema de processamento digital de imagens (PDI), digitalização de mapas, sistema de posicionamento global (GPS), dados tabulares (planilhas eletrônicas) e dados estatísticos;
- Sistemas de armazenamento de dados: banco de dados espacial (mapas digitais) e banco de dados de atributos (alfanuméricos);
- Sistemas de análise de dados: sistema de análise geográfica (operações algébricas), sistema de análise estatística e sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD);
- Sistemas de saída de dados: sistema de exibição cartográfica (saída de mapas para a tela, impressora, *plotter* e arquivos digitais).

O sistema depende de sua interação com o analista e o tomador de decisão, que interpreta os resultados gerados. Dessa forma, o SIG fica caracterizado como um importante sistema de suporte à decisão. A Figura 2.6 mostra como o SIG se insere no processo decisório participativo.

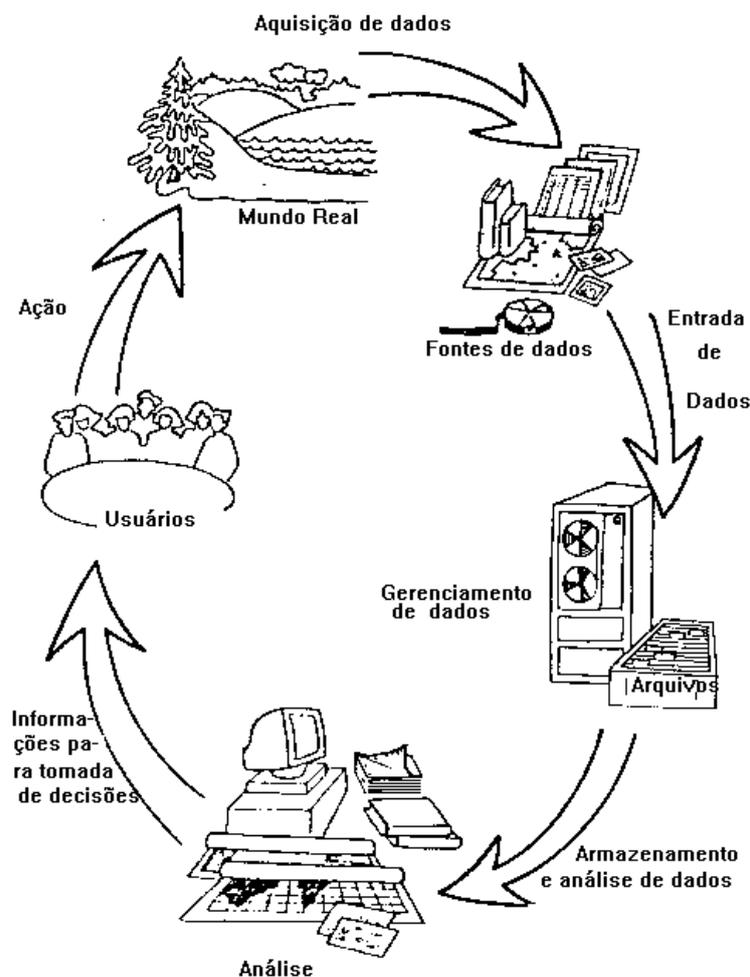


Figura 2.6 - O SIG no contexto de tomada de decisão.

Fonte: Adaptado de Aronoff (1989).

A utilização de SIG em Economia Ambiental é relativamente recente – desde 1996 – e a maior motivação foi a capacidade de incrementar as análises, evitando suposições irreais e simplificações excessivas, tanto criticadas nas análises meramente econômicas (BATEMAN et al., 2003). Por exemplo, estudos que utilizam técnicas de custos de viagem para estimar o valor recreativo associado com uma determinada área podem ignorar a heterogeneidade presente nos diferentes acessos (cálculo de distâncias). Com um SIG, custos de viagem podem ser calculados considerando-se as características da malha viária e do relevo, além de permitir o cruzamento de informações de outra natureza, presentes na localidade de estudo (como demografia). No passado, esforços para examinar

fatores como visualização de parques, corpos d'água, malha hídrica etc. requereram consideráveis esforços de campo. A combinação de imagens digitais de alta resolução, bancos de dados cartográficos e SIG, todavia, facilitou e viabilizou a geração de resultados mais efetivos e, principalmente, passíveis de atualizações (BATEMAN et al., 2001).

A qualidade dos resultados obtidos depende de fatores como acurácia da informação de entrada e a apropriação da estrutura de dados utilizada para armazenar representações digitais do fenômeno estudado. Diferentes tipos de feições são mais comumente utilizadas em SIGs, tais como camadas separadas, usualmente na forma de grade regular (*raster*) ou em vetores, expressos na Figura 2.7.

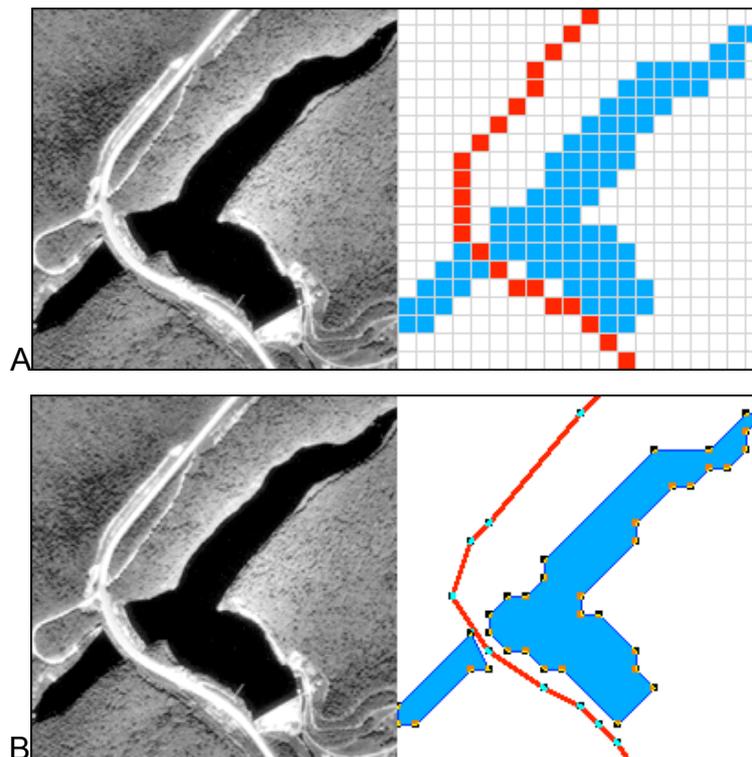


Figura 2.7 - Formatos *raster* (A) e vetorial (B).

Fonte: Maguirre et al. (1991).

Outras formas de registro e manipulação de dados são possíveis, mas o aspecto principal é que a estrutura de dados deve ser selecionada para minimizar a distorção, quando se gerar a representação digital da realidade, e maximizar

opções analíticas ou de apresentações de acordo com a utilização do dado (MARTIN, 1996; BURROUGH; MCDONNELL, 1998). A Figura 2.8 ilustra algumas operações comumente realizadas em SIG.

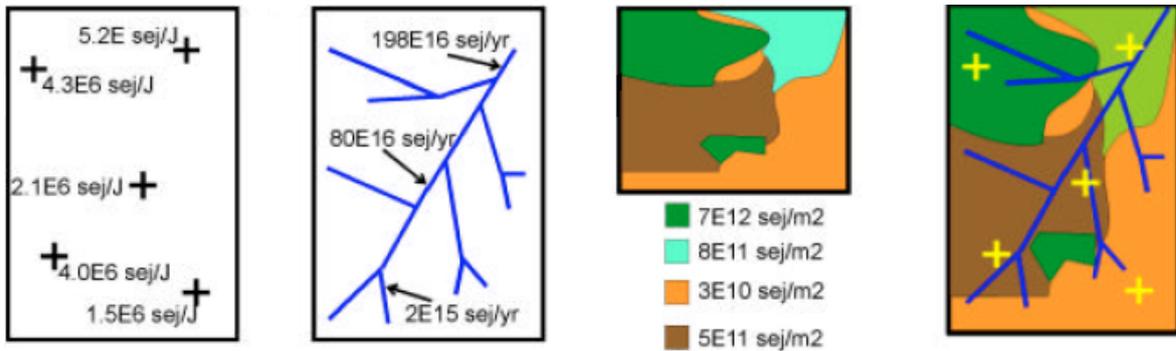


Figura 2.8 - Exemplo de sobreposição de diferentes aspectos espacial para consolidar os resultados.

Fonte: HABERKORN (2003).

Muitas limitações na manipulação de dados e modelagem foram melhoradas com a utilização de SIG. Algumas facilidades computacionais permitem combinar dados ambientais e outros dados espaciais na forma de mapas digitais e imagens de satélites com variáveis de diversas naturezas. A habilidade para integrar bases de dados aumenta a capacidade de entendimento e predição das variáveis. Igualmente importantes são as saídas esperadas (produtos finais), permitindo ao tomador de decisão compreender o impacto das alternativas possíveis. Esta capacidade de geração de diversas saídas possíveis faz com que um SIG melhore muitos aspectos de análises econômicas.

### 3 . PARTE II – APLICAÇÕES<sup>13</sup>

#### 3.1 Introdução e Objetivos

Florestas têm competido financeiramente com outros usos da terra há muito tempo, em grande parte devido aos seus atributos não-mercantis. Houve uma aplicação de Economia Ambiental utilizando SIG para uma Análise Custo-Benefício relacionada à mudança de uso da terra, considerando-se agricultura e floresta. As técnicas adotadas neste estudo são neoclassicamente utilitárias em sua base ética. A definição dos valores inerentes ao conceito de VET reforça o antropocentrismo e é consistente com uma visão utilitária e materialista. Esta posição não deve ser vista como uma rejeição da Sustentabilidade Forte, apenas uma extensão pragmática da análise de decisão prática.

Foram gerados modelos que contemplaram valores sociais e privados da produção agropecuária (dois produtos) e florestal (duas espécies), considerando-se duas taxas de desconto, combinando-se em oito cenários comparativos. A distinção entre valores privados e sociais é essencial em uma comparação que envolve serviços ambientais, pois são oriundas de distorções no sistema de preços da economia. Os custos e benefícios privados são aqueles determinados pelos preços de mercado. Os custos sociais – ou custos de oportunidade – correspondem à perda sofrida pela sociedade em decorrência da utilização dos recursos em uma determinada alternativa de investimento. São os valores de um determinado bem em um emprego alternativo. Para um estudo de avaliação econômica deixar de ganhar é o mesmo que pagar. Os custos e benefícios sociais somente coincidem com os custos e benefícios privados, quando existem condições muito especiais do sistema econômico, como:

- competição perfeita nos mercados de bens e serviços;
  - inexistência de restrições artificiais ao livre jogo da oferta e procura, ou seja, sem interferência de monopólios, sindicatos ou outros grupos organizados, nos mercados de bens e serviços;

---

<sup>13</sup> A maior parte deste estudo de caso fez parte da tese de Bateman (1996).

- sem intervenção do governo;
- perfeita mobilidade de bens e fatores existentes na economia;
- perfeito conhecimento das condições de mercado, por parte de consumidores, empresários ou proprietários (informação perfeita);
- emprego pleno dos recursos: se não há pleno emprego, é possível aumentar a produção de determinados bens, utilizando os fatores ociosos, sem diminuir a produção dos demais bens de outros setores de atividades econômicas.

Como estas condições não existem na realidade, surgem discrepâncias entre os custos privados e sociais. Além da distinção entre custos/benefícios privados e sociais, um dos pontos críticos deste estudo de caso foi a escolha da taxa de desconto apropriada, tanto para atualizar fluxos de custos/benefícios, quanto para compará-la com a TIR do projeto. A taxa de desconto mede a taxa pela qual as gerações atuais descontam o futuro. De acordo com Pearce (1985), uma taxa de desconto baixa tenderá a favorecer as gerações futuras e uma taxa alta tenderá a prejudicá-las. Solow (1975) recomenda uma taxa de desconto que permita igualar a proporção do consumo *per capita* entre todas as gerações, destacando o papel do governo e o planejamento nesta tarefa. Pode ser tanto a “taxa de juros do mercado” como a “taxa social de preferência intertemporal”.

Há algumas limitações no estudo de caso: métodos para a valoração monetária de preferências para bens e serviços não-mercantis não foram uniformemente desenvolvidos para todo tipo de valor, tais como valor de existência. Além disso, foi considerada somente a conversão de agricultura para floresta e não para outro uso. De certo modo, isto contradiz os princípios da Análise Custo-Benefício, em que os custos de oportunidade devem estar inclusos nas estimativas.

O objetivo principal deste estudo de caso foi a comparação entre valores de florestas e de agricultura, visando comparar diferentes usos da terra. O objetivo secundário foi observar como as diferenças variam em relação às características ambientais.

A Figura 3.1 ilustra os principais benefícios e custos relacionados à floresta.

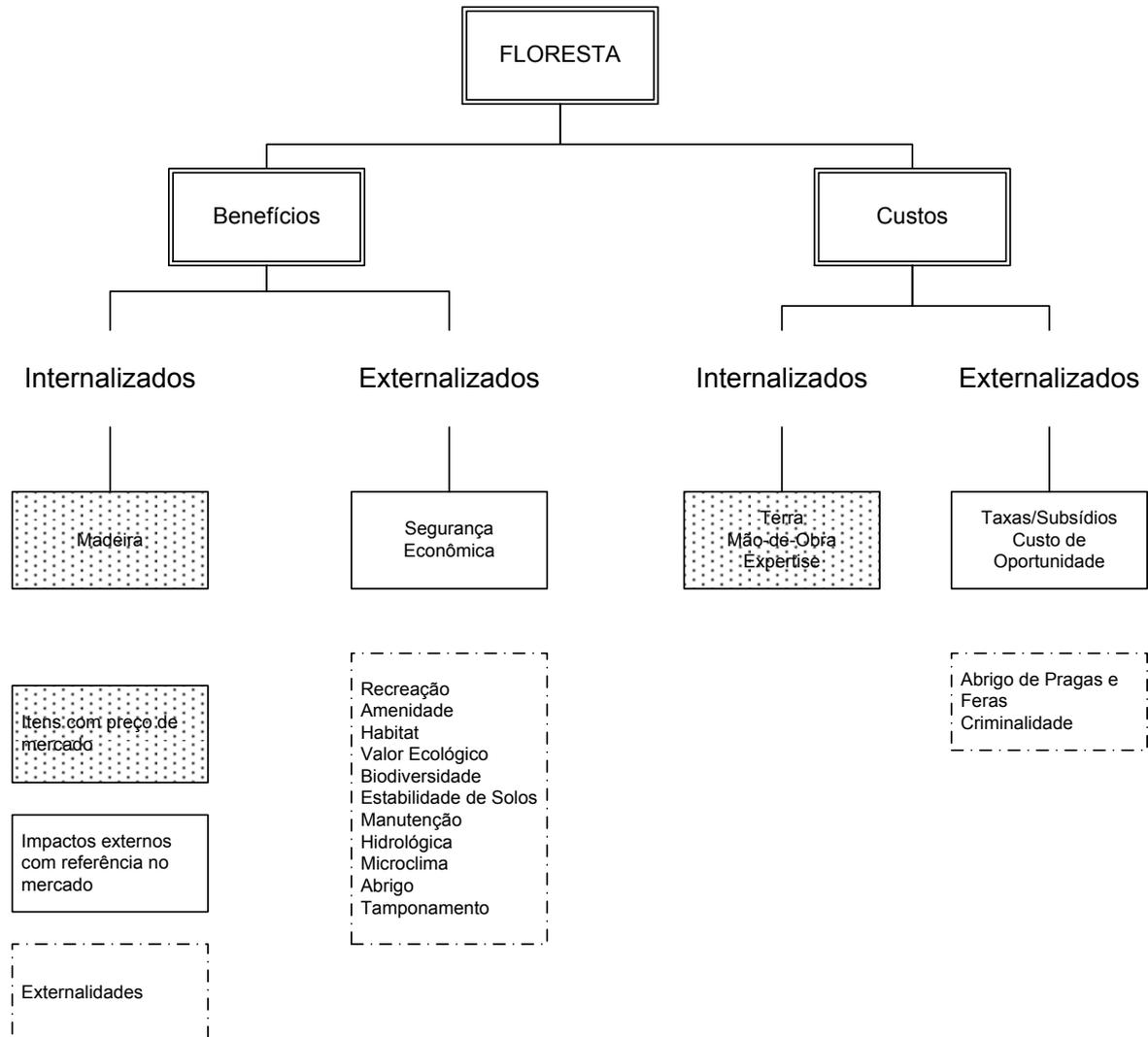


Figura 3.1 - Custos e benefícios de uma floresta.

Fonte: Adaptado de Bateman (1992).

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 - Área de Estudo

O País de Gales, localizado no Reino Unido, com 20.779 km<sup>2</sup>, representa um interessante estudo de caso devido às condições ambientais adversas, com uma matriz agropecuária bastante limitada. O país foi desmatado quase por completo, mas vem aumentando sua área florestal, em detrimento da agricultura, que é o principal uso da terra no país. A Figura 3.2 localiza a área de estudo no Reino Unido.



Figura 3.2 - Área de estudo: Gales (em verde).

### 3.2.2 - Dados

Este estudo difere-se de outros já realizados pelo fato de utilizar bancos de dados em escala regional, cobrindo uma área de estudo considerada grande e diversa. Além dos questionários e entrevistas aplicados pelo próprio Projeto, foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Farm Business Survey in Wales – FBSW (Levantamento Econômico das Fazendas de Gales) – custos e rendimentos das fazendas;
- Soil Survey and Land Research Centre – SSLRSC (Centro de Levantamento de Solo e Pesquisa de Sistemas Terrestres – dados ambientais e agroclimáticos;
- LandIS database (Base de Dados de Sistemas Terrestres) – dados ambientais e agroclimáticos;
- Banco de mapas digitais Bartholomew 1:250.000 – dados topográficos;
- TOPEX – ângulo solar e direção de vento.
- Agriculture, Fish and Food Ministry (Ministério da Agricultura, Pesca e Alimento) – censo agropecuário;
- Forestry Commission (FC) – dados florestais;
- Department of Transportation (DoT) – velocidades médias para diferentes categorias de estradas;
- Manchester Computing Centre – dados populacionais e centróides para os distritos.

### 3.2.3 - Procedimentos

A Figura 3.3 ilustra o fluxo metodológico adotado no estudo de caso.

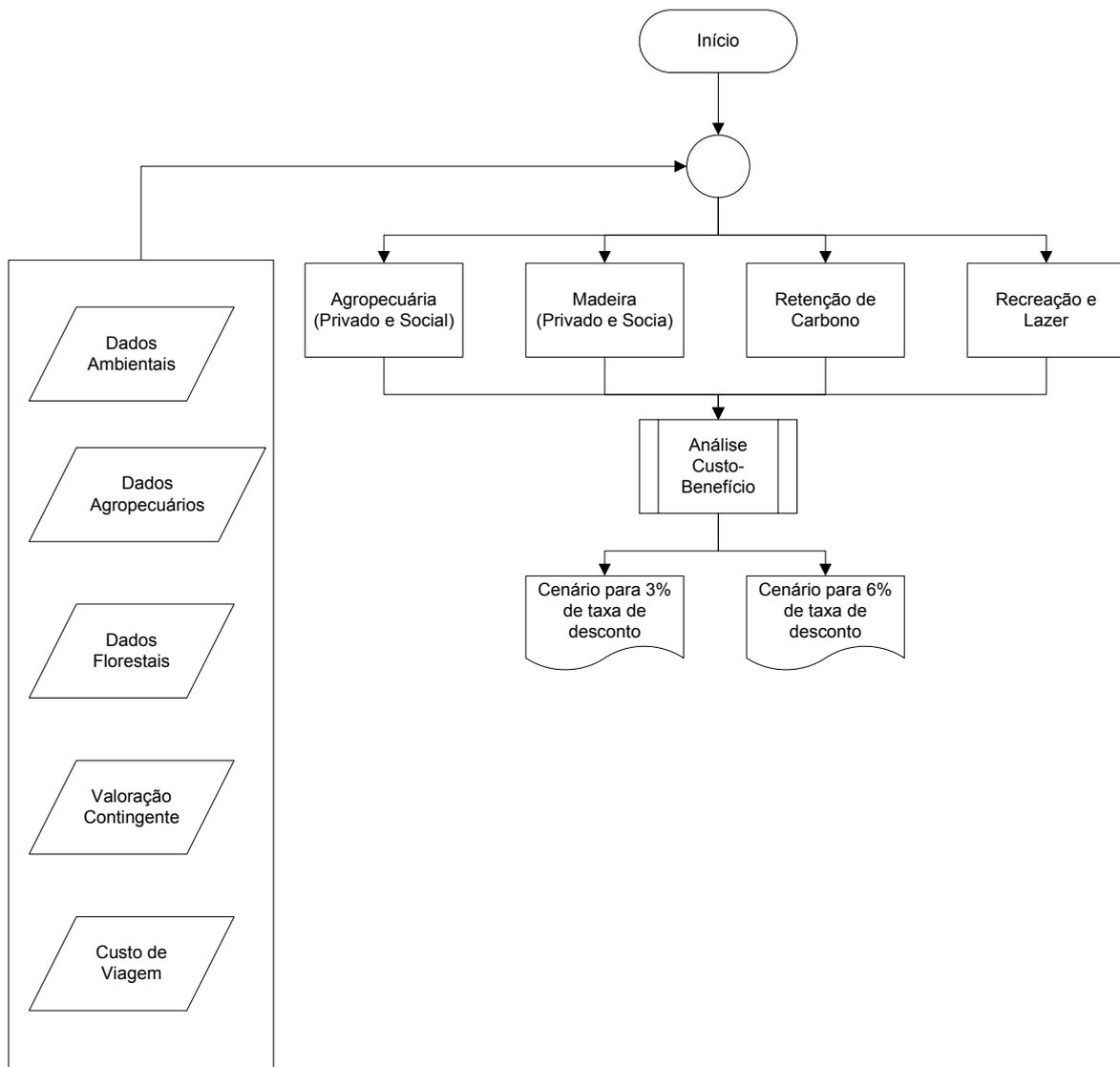


Figura 3.3 - Procedimento metodológico.

Foram consideradas duas taxas de descontos (3 e 6% a.a.) e duas abordagens de avaliação (privada e social). As seguintes categorias de uso da terra foram escolhidas: agropecuária (gado leiteiro e ovelha) e floresta (*Sitka spruce* e *Beech*) (abeto e faia). Os valores recreativos foram obtidos com duas técnicas: Valoração Contingencial e Custo de Viagem.

### 3.3 Discussão dos Resultados

#### 3.3.1 - Agropecuária (gado leiteiro e ovelha)

A partir da constatação de que a agricultura é o elemento responsável pela maior parcela do uso da terra no Gales, adotou-se esta categoria para ser comparada com os valores florestais.

Durante o período de estudo<sup>14</sup>, a situação econômica dos fazendeiros sofreu uma baixa nos rendimentos; como os dados utilizados são do início da queda de preços, a análise torna-se conservadora (supervalorizando a agricultura), característica desejável para questões que envolvem riscos, como é o caso da conversão no uso da terra.

Como a agricultura não é algo transacionado livremente no mercado (por ser regulada), é imprescindível observar a política e legislação agrícola em questão, devido aos protecionismos, tal como a cota do leite etc. Especificamente no caso das fazendas agrícolas abordadas neste estudo, foi revisada a maior influência para a comercialização dos produtos agrícolas no Reino Unido: a Common Agricultural Policy – CAP (Diretriz Agrícola Comum) que, em linhas gerais, define uma tabela de preços para incentivar preços menores de importação e preços maiores de exportação, porém ambos abaixo do valor de mercado, visando estimular o comércio exterior e manter a balança comercial equilibrada. Para quem importa, o preço adicionado de impostos é equivalente ao preço mínimo de importação. Para quem exporta, preço adicionado de subsídios é equivalente ao preço de intervenção.

Desde a implementação do CAP, houve aumento da produção agrícola, aumento do tamanho médio das fazendas, redução do número de fazendas e redução dos preços, em uma clara tendência de melhoria de produtividade e concentração da produção em fazendas maiores. Apesar do aumento da produção, algumas características físico-ambientais se mantiveram: por exemplo, desde 1970, há a

---

<sup>14</sup> Última década.

tendência de haver mais ovelhas (praticamente o dobro) em terras altas que em terras baixas, principalmente em virtude de doenças relacionadas à umidade.

Em geral, os fazendeiros têm resistência à conversão de uso da terra. Porém, após o incidente da vaca louca e outros incidentes menores, muitos estão se conscientizando sobre as vantagens da diversificação e até mesmo conversão da produção. Foram realizadas pesquisas que constataram o crescente aumento de fazendeiros dispostos a converter o uso da terra, mediante riscos considerados aceitáveis. Isto sugere uma confluência de fatores econômicos, políticos e psicológicos que, juntos, tornam viáveis mudanças de culturas e, mais especificamente, do uso da terra. Há grande potencial de ganhos econômicos (ambos na esfera de eficiência de mercado e a provisão de benefícios ambientais) envolvidos em uma reforma na política agrícola. Em particular, há a possibilidade de incrementar riqueza pela indução da conversão de terras agrícolas inaptas em florestas. Todavia, enquanto a possibilidade de criar benefícios sociais positivos existe, as conversões não ocorrem devido ao não-pagamento desses benefícios aos produtores.

A expectativa é de que as taxas de descontos para projetos agropecuários sejam relativamente baixas (comparando-se aos setores industriais e comerciais). Órgãos do governo galês calcularam a razão dos rendimentos em relação à base de ativos, demonstrando que o setor leiteiro possuía retornos mais elevados que outros setores, levando-se à criação da cota de leite, para poder diversificar um pouco a já reduzida matriz agropecuária. Os resultados mostram que as estimativas de taxas, em geral, são de 3% a.a. em termos reais. Por haver uma grande disparidade entre fazendas leiteiras e o restante, sugere-se 6% a.a. para leite e 3% a.a. para ovelha.

Devido à considerável capacidade de análise espacial, utilizou-se um SIG para ponderar questões econômicas (custos e receitas de uma propriedade agrícola) com dimensão espacial (padrões de uso da terra, políticas e legislações que envolvam características biofísicas etc.), com expressivo realismo e relevância na modelagem. Em um modelo inicial, foi mensurada uma série de entradas (biomassa por ha), fatores ambientais (tipo de solo), além de variáveis

modificadoras (fertilização). As fazendas foram classificadas em grupos ou setores homogêneos, utilizando uma análise de agrupamentos. Análises de regressão cruzada foram utilizadas para estimar os parâmetros e relações entre setores.

Os modelos gerados requereram dados individuais em nível de propriedade em ambas características (biofísicas e econômicas). O Farm Business Survey of Wales (FBSW) disponibilizou os custos e receitas em nível de fazenda, enquanto que as características biofísicas foram obtidas do banco de dados LandIS, do Soil Survey and Land Research Centre (SSLRC) e algumas outras fontes. Para complementar os dados extraídos do LandIS, medidas de elevação e variáveis associadas foram geradas a partir do banco de mapas digitais Bartholomew, em escala 1:250.000. Linhas de contorno e pontos cotados foram processados para gerarem um Modelo Digital de Elevação (MDE) de Gales com resolução espacial de 500 m, propiciando as estimativas de elevação, declividade e aspecto (comprimento de rampa).

A integração das variáveis econômicas e biofísicas envolveu a interface de bancos de dados de diversas resoluções. A abordagem foi análoga ao método ponto-em-polígono (BURROUGH e MCDONNELL, 1998), com a referência de *grid* de cada fazenda de 1 km para variáveis topográficas e 5 km para variáveis agroclimáticas. A caracterização do ambiente biofísico foi compatível com as características das fontes de dados disponíveis e o tamanho da área de estudo.

Investigações iniciais revelaram alguns contrastes substanciais entre diferentes grupos de fazendas, mais notadamente em termos de atividade principal e níveis de rendimento. Foi implementado um estágio de classificação de duas etapas. Primeiramente, uma análise de principais componentes (NORUSIS, 1985) foi implementada, utilizando-se dados individuais por fazenda, calculando o rendimento total de cada uma. Após isto, as fazendas foram agrupadas com base nas componentes resultantes, utilizando-se uma técnica de aglomeração hierárquica baseada no erro da soma dos quadrados. A saída desta estatística sugeriu uma solução com seis divisões como a mais apropriada. O tamanho amostral foi insuficiente para justificar análises em dois setores. Os dois principais

setores agrícolas em Gales foram evidenciados: fazendas especializadas na criação de ovelha para produção de carne e lã (maior rebanho do Reino Unido) e fazendas especializadas na criação de gado leiteiro (maior rendimento em Gales). A exclusão dos *outliers* fez com que a amostra final fosse de 85 fazendas de ovelhas e 104 fazendas leiteiras. A diferença mais pronunciada entre os dois setores foi a disparidade no nível de rendimento, tendo as fazendas de leite rendimentos anuais até seis vezes maiores que as fazendas de ovelhas.

A definição correta do rendimento da fazenda é um problema inerente a este tipo de pesquisa. Em geral, utiliza-se o preço da terra para a o cálculo desses valores, mas há uma distorção devido aos subsídios. A definição utilizada foi:

$$\text{RENDIMENTO} = [\text{EXCEDENTE DA FAZENDA}] + [\text{SUBSÍDIOS E INCENTIVOS FISCAIS}] - [\text{TAXAS E ALUGUÉIS}] - [\text{DEPRECIÇÃO}]$$

O preço recebido pelos fazendeiros por seus produtos influencia o valor financeiro (privado), mas não necessariamente corresponde ao valor social. Para estimá-lo, foram ajustados os seguintes fatores:

- preço de mercado;
- subsídios e incentivos diretos (dos produtos);
- subsídios de insumos;
- taxas;
- impactos do preço mundial (definidos na política agrícola do Reino Unido).

O valor sombra não significa o valor social completo da agricultura, pois foram ignoradas algumas externalidades não-mercantis. Todavia, este valor é mais compatível com a Análise Custo- Benefício do que o rendimento final no produtor rural. O valor sombra correspondente ao excedente foi calculado através do ajuste dos valores financeiros gravados das receitas e despesas para estimar o preço mundial equivalente para o ano amostrado.

Os modelos gerados permitiram a geração de estimativas empíricas da relação entre o ambiente biofísico, níveis de investimentos e receitas obtidas nas fazendas de leite e ovelha. Estas estimativas foram aplicadas para a predição dos

valores privados (*farm gate*) e sociais (*shadow value*) em toda a área de estudo, fornecendo informação vital referente à potencial mudança de uso da terra e impactos políticos na área.

Há uma diferença significativa entre os setores. Essas diferenças são mais extremas pelo fato de haver poucas fazendas leiteiras em áreas de adversidade ambiental. Mesmo considerando o valor social, os rendimentos são menores para a criação de ovelha, acompanhando a mesma relação para valores privados, ou seja, seis vezes.

Para ambos os setores, podem ser notados fortes efeitos topográficos e pedológicos, como, por exemplo, a baixa produção nas áreas com solos considerados inférteis. Os valores sombras são menores que os valores privados, e os maiores contrastes se dão nos níveis de rendimento, explicado em grande parte pelo fato de as fazendas leiteiras estarem concentradas nas melhores terras.

O método baseado em SIG permitiu a geração de estimativas de ambos os valores (privados e sociais), explicitando a incorporação de dados biofísicos com as saídas de valores com modelagem econômica. A capacidade de combinar diversos dados espacialmente referenciados foi muito útil para uma modelagem que lida com desagregação, gerando-se saídas através de mapas.

Foram gerados quatro mapas com os rendimentos anualizados: i) valores para produção leiteira, com taxa de desconto de 6% a.a.; ii) valores para criação de ovelhas, com taxa de desconto de 6% a.a.; iii) valores para produção leiteira, com taxa de desconto de 3% a.a. e; iv) valores para criação de ovelhas, com taxa de desconto de 3% a.a. Esses mapas possuem valores privados e sociais e são tratados como insumos para a Análise Custo-Benefício (representando a Agropecuária, como categoria de uso da terra).

### 3.3.2 - Madeira

O País de Gales passou por um processo de intensa privatização de suas florestas e, com isto, uma drástica redução nos acessos públicos para recreação e lazer, redução no número de empregos e redução de biodiversidade. Após oito anos de expansão da agricultura, menos de 11% do uso da terra na Grã-Bretanha era floresta. Todavia, esta disparidade, por si só, não constitui um argumento válido para a expansão de plantio de florestas. É necessário considerar as condições de mercado em curto, médio e longo prazos.

Produtos madeireiros estão consistentemente entre os cinco itens mais importados. Pelo fato de Gales estar muito longe da auto-suficiência em madeira, o país depende da importação. O Reino Unido é altamente dependente e sujeito às flutuações no mercado mundial. Por exemplo, no período pós-guerra, estoques globais caíram dramaticamente, principalmente devido ao padrão de crescimento econômico nos países em desenvolvimento. Um acréscimo nas áreas florestais não afetará o preço da madeira, pois Gales está longe de ser um grande influenciador no mercado.

Madeira é a maior receita de uma floresta, em termos de preço de mercado. Apesar de muitas instituições expressarem verbalmente a importância de todos os outros produtos e serviços florestais, inegavelmente a madeira continua sendo a receita mais expressiva. O valor estimado desta produção depende crucialmente de seu preço real e da espécie. Devido às plantações exigirem muito tempo, qualquer pequena mudança nos preços reais terá um impacto grande no VPL.

Dado o retorno de longo prazo de florestas, o governo tem sido a maior fonte de incentivos para decisões no planejamento do setor privado. Todavia, na década de 1980, a grande força por trás da expansão do setor privado foram as concessões. A maior parte das concessões florestais foi administrada pela Forestry Commission através de alguns fundos de fomento, geralmente

relacionados com o tipo de floresta (coníferas<sup>15</sup> ou folhosas<sup>16</sup>) e com a área a ser plantada. Também houve concessões e incentivos relacionados ao Agriculture, Fish and Food Ministry (Ministério de Agricultura, Pesca e Alimento) considerando também a altimetria (assumindo-se que as terras altas são menos férteis). A maior parte das florestas de Gales está nestas regiões pouco férteis. Porém, há evidências de que a produtividade florestal responde em regiões mais férteis. As agências governamentais têm promovido o conceito de florestas de uso múltiplo, em detrimento da expansão de monoculturas de coníferas. Fazendeiros consideram a opção de uso da terra com florestas, principalmente pela possibilidade de uma variedade de subsídios e incentivos.

Idealmente deveriam ser consideradas todas as espécies florestais que poderiam ser utilizadas em uma conversão de agricultura para floresta. A viabilidade de uma análise deste tipo foi verificada, mas por motivos práticos optou-se pela escolha de duas espécies, utilizando-se o seguinte programa: Forestry Investment Appraisal Programme – FIAP (Programa de Avaliação e Investimento Florestal).

A escolha de *Sitka spruce* como uma representante das coníferas reflete uma decisão lógica em relação à produtividade madeireira, apesar desta espécie não ser ótima em relação ao valor recreativo. Porém, há poucas evidências em relação à conexão entre espécies arbóreas e valor recreativo. Hanley e Ruffell (1991) falharam ao tentar identificar relações significativas. Obviamente, indivíduos frondosos e velhos influenciam, mas não necessariamente a espécie.

Em relação à representante das folhosas, a *oak* (carvalho) é a espécie mais abundante, mas possui crescimento lento e é relativamente menos produtiva que a *Beech* (faia), que foi selecionada por ser a alternativa mais viável.

Independente da espécie, a maior parte dos custos ocorre no início do ciclo (implantação) e no corte e baldeio (incluindo desbastes ao longo do ciclo). Todas as estimativas de custos (incluindo a manutenção florestal) foram obtidas com a

---

<sup>15</sup> Softwood.

<sup>16</sup> Hardwood.

Forestry Commission. Os custos variam de acordo com a infra-estrutura, distância de frete, modal logístico, variação local nos preços de insumos (incluindo mão-de-obra), intensidade de plantio etc. Notar que os custos podem variar espacialmente, porém variam menos que as receitas. Informação sobre custos de plantio de folhosas não são tão abundantes quanto de coníferas. Os dados foram coletados por entrevistas com gestores de florestas de folhosas. Todavia, a distribuição de custos e receitas é similar às coníferas, com alto custo no plantio e no corte.

Há quatro fatores-chave para a determinação das receitas de madeira:

- taxa de crescimento;
- preço por m<sup>3</sup>;
- taxa de desconto (valor a ser recebido no futuro trazidos para valor presente);
- incentivos e subsídios.

A taxa de crescimento é tipicamente distribuída em classes de rendimento, correspondendo à quantidade anual máxima de incremento no volume que um talhão de árvores pode chegar. Os modelos de crescimento têm sido calculados para diversas espécies e regimes de manejo e mostram, para cada classe de rendimento, incremento volumétrico em relação ao tempo. Os modelos de crescimento suprem o dado básico de crescimento arbóreo utilizado nas análises posteriores.

Da perspectiva de um produtor de madeira, o preço não é constante e é função do volume médio por árvore. Simplesmente, quando as árvores são pequenas, possuem utilização limitada, e seu preço/m<sup>3</sup> é baixo. À medida que há incremento no volume, aumentam-se as opções de utilidade, e conseqüentemente, o preço sobe. Isto continua até um ponto onde a árvore pode ser utilizada para postes e outros produtos com valor agregado. Chega-se a um ponto de estabilidade, onde os preços se estabilizam, formando a Curva de Preço. Foram adotados os mesmos preços que Whiteman (1990), devido ao fato de este autor ter utilizado o mesmo ano. Os desbastes se iniciam com 25 anos aproximadamente após o

plantio e depois ocorrem em intervalos regulares de 5 em 5 anos até o corte. O valor do desbaste pode ser calculado através da Curva de Preço.

O desconto é o processo pelo qual receitas e custos que ocorrem no futuro são convertidos para valores presentes. Por este processo, diferentes projetos com retornos em diferentes prazos podem ser comparados. O resultado geral é que custos e receitas que ocorrerão no futuro são “penalizados” pelo tempo de espera. Por esta e outras razões, há certa preferência para recompensas rápidas (curto prazo), considerando-se o fato de que o dinheiro investido em um projeto, como um plantio florestal, fica indisponível para outros investimentos, ocorrendo um custo de oportunidade. Quanto maior a taxa de desconto, maior será esta penalidade.

Os fatores que determinam as taxas de desconto são complexos. Todavia, é pertinente comentar que a taxa de desconto altera dramaticamente o VPL de um investimento de longo prazo. Isto é particularmente verdadeiro para florestas, onde há um grande desembolso na implantação, cuja receita só será obtida no fim do ciclo. Quanto maior a taxa de desconto, menor o valor presente. Este desconto faz com que gestores florestais busquem árvores com características de alta produtividade. Qualquer investimento em floresta é essencialmente um conflito ente custos e benefícios futuros. Isto é convencionalmente tratado através do cálculo de VPL, considerando-se uma taxa de desconto, que é influenciada pelo custo de oportunidade do capital.

O impacto de se variar a taxa de desconto foi calculado, utilizando-se o software FIAP. Ele opera maximizando o VPL de um talhão com variações de determinados parâmetros definidos pelo usuário. Para coníferas, algumas taxas de desconto inviabilizam o empreendimento (principalmente classes de rendimento baixo), forçando-se ao aumento do ciclo ou diminuição do volume por ha.

Com o volume madeireiro e a Curva de Preço definidos, calculam-se as receitas anuais, subtraindo os custos por ano e derivando os valores de rendimento líquido para cada ano, do plantio ao corte. O ponto ótimo de corte declina à medida que a classe de rendimento aumenta. Modelos de classe de crescimento para folhosas

e custos e receitas foram associados através de análise estatística, integrando-se incentivos e subsídios.

Para a definição da taxa de desconto mais adequada para floresta, devem ser consideradas duas perspectivas: a do fazendeiro e a da sociedade. Há boas razões para se supor que terão diferenças nas taxas de desconto. Os fazendeiros são mortais, enquanto que a sociedade utiliza um prazo de decisão bem maior. De acordo com isto, espera-se que a sociedade tenha taxas menores de desconto. Para uma sociedade avessa aos riscos, implica em baixas taxas de descontos para investimentos de baixo risco. As taxas de descontos privadas devem ser maiores que as taxas de descontos sociais. Além disso, há outro fator complicador na comparação entre agricultura e floresta. Fazendeiros comumente tomam decisões em um ciclo anual, em que o horizonte de tempo de um gestor florestal corresponde ao ciclo produtivo de um talhão, que varia tipicamente de um mínimo de quatro décadas para coníferas a mais de um século para madeiras duras. Comparações entre a margem anual agrícola com o VPL florestal é problemática. Para isto, o VPL florestal foi convertido em um equivalente anual, isto é, um retorno anual constante (ou anuidade).

O valor privado de uma plantação produtiva foi determinado por uma variedade de fatores, incluindo espécies, custos de plantação, crescimento madeireiro, preço, incentivos e subsídios e taxa de desconto. Todos estes fatores foram integrados com os modelos de rendimento, para as duas espécies. Os resultados foram calculados para um único ciclo e para um cenário de replantios perpétuos, repetindo-se a cada ciclo, produzindo-se um excesso de permutações.

Para as duas espécies, o valor anual equivalente aumentou com a classe de rendimento. Comparando-se as espécies, o retorno da conífera é superior ao da folhosa, com exceção de classes de baixo rendimento (pode ser uma alternativa para locais de baixa fertilidade). Como as coníferas apresentaram classes de rendimento superiores, sofreram menos o efeito da taxa de desconto, disponibilizando maiores equivalentes anuais que as folhosas.

Para o cálculo dos valores sociais, subsídios e incentivos foram subtraídos, visando obter a linha-base do valor social dos benefícios líquidos madeireiros. A

seguir, estão descritos os itens não-mercantis que podem ser examinados sob uma perspectiva social.

Custos e benefícios sociais não-ambientais:

- Segurança nacional – Não há benefícios significativos relacionados à segurança nacional a serem derivados da expansão do suprimento madeireiro.
- Segurança econômica – A avaliação das chances de embargos e outras interrupções no suprimento de madeira sugere que um pequeno incremento de 0,2 a 0,8% nos preços refletem o valor oculto da segurança econômica justificada. Foi adotado um fator de incremento de 0,5% nas avaliações dos modelos sociais.
- Substituição de importações – Em 1999, o Reino Unido importou mais de 21 milhões de m<sup>3</sup> de madeira e mais de 25 milhões de m<sup>3</sup> de polpa celulósica e papel (FC, 2001). Apesar dessa dependência de importações, a teoria básica de vantagem comparativa mostra que não necessariamente o Reino Unido deve mudar essa situação. Esta teoria mostra que uma grande quantidade de recursos deveria ser investida para reduzir a importação madeireira, e esses mesmos recursos podem ser investidos em outras opções mais produtivas.
- Emprego – Criar empregos no setor florestal é um bom caminho para estancar o êxodo rural e combater o desemprego rural. Todavia, numerosos estudos têm mostrado que exploração florestal é uma atividade ineficiente e relativamente cara para a geração de empregos rurais, particularmente quando comparada à agricultura. O argumento de pouca mão-de-obra/alto rendimento tem vigorado e inclusive crescido em importância, à medida que se privatizam mais florestas. Devido à ausência de estudos que aprofundam essa questão, a empregabilidade não foi considerada um valor social da floresta.

### Custos e benefícios sociais ambientais:

- Uso Recreativo e Valor de Opção – Foram valorados e considerados na Análise Custo- Benefício.
- Seqüestro de Carbono – Foi valorado e considerado na Análise Custo- Benefício.
- Paisagem – Estudos de Preços Hedônicos têm demonstrado que as florestas geram valores de amenidade, refletidos no preço da propriedade. Porém, certas coníferas, como a *Sitka*, podem gerar perda de amenidade. Não foi considerada no estudo de caso.
- Biodiversidade – Não foi considerada no estudo de caso.

Tanto a amenidade quanto a biodiversidade, se consideradas, melhorariam os resultados para a floresta de folhosas e piorariam os resultados para a floresta de coníferas.

Dentre os custos e benefícios sociais, o argumento referente à segurança econômica é o único a ser ponderado no valor social da madeira, com valores sociais marginais ajustados.

Foram calculados os valores referentes aos benefícios líquidos sociais da madeira. Foram incluídos os valores da madeira, segurança econômica do suprimento, e excluídos a recreação e o seqüestro de carbono, porque ambos foram incorporados em cenários distintos. Para a estimativa dos valores sociais, foram desconsiderados os subsídios.

Ao mesmo tempo em que o valor madeireiro é claramente relevante, as decisões no âmbito privado são quase sempre avaliadas em curto-prazo, em detrimento dos longos ciclos florestais. Desta forma, os subsídios passam a ser fundamentais na valoração. Os horizontes de longo prazo inerentes em investimentos florestais sofrem com a questão da desvalorização monetária, sendo que o maior impacto nos valores presentes de projetos florestais é a taxa de desconto. Foi adotada uma análise de sensibilidade para se definir uma taxa de desconto compatível com a análise privada e social.

Optou-se pelas taxas de 3% a.a., para ser comparável com a criação de ovelha e compatível com projetos sociais, e 6% a.a. para ser comparável com o setor leiteiro.

Após os cálculos do VPL e da anuidade equivalente, foram consideradas as diferenças entre a perspectiva privada e social em ambas as taxas de descontos, para as diversas classes de idade. Os valores estimados para recreação e carbono foram somados aos valores privados e sociais da madeira, para poder compará-los com a agricultura (Análise Custo- Benefício).

### Modelagem e mapeamento de rendimento madeireiro e seus valores

Foram utilizadas simultaneamente regressões múltiplas padrão e análise das principais componentes. O objetivo central foi identificar áreas sobre a superfície de Gales que fossem suscetíveis à conversão de agricultura para floresta. Isto demandou o desenvolvimento de uma metodologia capaz de produzir estimativas para terras altas e terras baixas e extrapolar os resultados para toda a área do país.

A base de dados referente aos modelos de rendimento é da Forestry Commission (Comissão Florestal), com uma unidade de análise de 100m. As variáveis ambientais foram extraídas do Soil Survey and Land Research Centre's Land Information System (LandIS), com uma unidade de análise de 50km. O Topex foi utilizado para determinar a soma do ângulo de inclinação solar, com unidade de análise de 1 km, e para determinar danos por ventos. Blakeway-Smith et al. (1994) definem riscos por vento com base em quatro fatores: zona de vento, elevação, ângulo solar e tipo de solo. A variável resultante é inversamente proporcional à produtividade arbórea e taxas de crescimento, com unidade de análise de 1 km. Um MDE foi criado com base em três fontes: isolinhas digitais do Bartholomew em escala 1:250.000, pontos de cumes obtidos pelos mapas em papel do Bartholomew e os locais com elevação conhecida da Forestry Commission. O MDE gerado foi validado e incorporado na modelagem. Os dados de elevação foram utilizados para gerar duas variáveis de superfície: declividade

e aspecto. Estas variáveis foram geradas em grades de 500 x 500 m. Todos os dados foram interpolados para uma grade de 1 km de resolução, resultando em 20.563 células. Com os dados em uma resolução comum, é possível completar as superfícies de variáveis preditoras potenciais para uso no modelo de regressão, possibilitando a geração de cenários em todas as áreas, plantadas ou não.

Testes indicaram que um modelo linear teve resultado melhor que outras formas comumente adotadas. O modelo evidenciou a importância de fatores silviculturais, como o fato de que árvores que crescem em povoamentos mistos têm desempenho pior que árvores que crescem em monocultura. Também houve relação positiva com o tamanho da área plantada, indicando que as árvores que crescem como parte de uma plantação possuem desempenho melhor que em áreas pequenas, provavelmente pela redução do efeito de borda. Este fato estimula estratégias que visam reflorestar nos arredores de florestas (áreas contíguas). Outro fator silvicultural importante é que áreas de implantação (primeiro ciclo) tiveram resultados piores que áreas reformadas (já eram florestas). Talvez isto ocorra devido ao fato de se aumentar a quantidade de nutrientes no solo, carbono, matéria orgânica e manutenção do pH.

A classe de rendimento declina com o aumento da elevação. Há forte influência das características ambientais nas predições das classes de rendimento. Altimetria, solos e pluviosidade combinaram-se para estimar as classes. Em geral, os modelos de estimativa de valores madeireiros foram sensíveis aos seguintes fatores:

- espécies: *Sitka spruce* ou *Beech*;
- níveis de classes de rendimento;
- subsídios e esquemas de incentivos;
- ciclo único ou replantio perpétuo;
- valores privados ou sociais;
- VPL ou anuidade.

Para uma dada taxa de desconto, o valor da madeira é uma relação aproximadamente linear com a classe de rendimento. Isto facilita a elaboração do método para converter mapas de classes de rendimento em mapas de valores de madeira.

Com a equação resultante da regressão estimada, foi possível converter as classes de rendimento em valores equivalentes. Para cada cenário, foi selecionado um mapa e uma equação. O mapa resultante contém valores madeireiros previstos para o cenário desejado.

Para as duas espécies, a escolha da taxa de desconto teve um impacto substancial sobre os valores, com altas taxas reduzindo o VPL e a anuidade, penalizando ciclos longos. Na ausência de outros benefícios monetários, os resultados mostram claramente porque o mercado florestal opta pelo plantio de coníferas ao invés de folhosas.

Foram gerados quatro mapas com os rendimentos anualizados: i) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 6% a.a.; ii) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 6% a.a.; iii) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 3% a.a.; e iv) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 3% a.a. Estes mapas possuem valores privados e sociais e são tratados como insumos para a Análise Custo-Benefício (representando um valor de uso direto da floresta: a madeira).

### 3.3.3 - Seqüestro de Carbono

A percepção dos serviços ambientais prestados pelas florestas tem mudado bastante, devido a iniciativas locais e internacionais que estão atribuindo valor a esses serviços. Os serviços ecológicos que esses ecossistemas prestam têm sido negligenciados. Essa visão tem mudado consideravelmente com o desenvolvimento de pesquisas avaliando o papel das florestas no seqüestro de carbono (RAMIREZ et al., 2002; PALUMBO et al., 2004).

Técnicas aplicadas para analisar o valor do seqüestro de carbono em florestas integram modelos de fluxo de carbono em árvores vivas, produtos madeireiros e solos florestais. As análises de valores florestais foram ampliadas para incluir os benefícios do seqüestro de carbono, oferecidos pelas florestas.

Dada a escala de utilização global de combustível fóssil, o seqüestro de carbono em florestas pode somente ser considerado uma medida paliativa, oferecendo alívio temporário no avanço de reduções necessárias de emissões, enfatizando que, mesmo plantando-se dez milhões de árvores por ano pelos próximos quinze anos, seqüestrarão menos que 1% de toda a emissão dos EUA durante esse período (NOWAK, 1993). Além disso, estoques de carbono e o potencial para seqüestros futuros em florestas temperadas são relativamente pequenos comparados ao de florestas tropicais, enquanto que em ambas são muito menos que o seqüestro potencial e retenção dos oceanos mundiais (IPCC, 2000; UNDP et al., 2000). Estas afirmações não diminuem o valor do seqüestro de carbono, principalmente se for considerado o fato de que ecossistemas florestais podem ser mais factíveis e viáveis em relação a políticas públicas, que águas profundas.

Benefícios relacionados ao seqüestro de carbono constituem uma categoria separada de valores florestais (DORE et al., 2001). Alguns benefícios têm sido reconhecidos internacionalmente (IPCC, 2001). Foram considerados três aspectos relacionados ao seqüestro de carbono via reflorestamento: a armazenagem de carbono nas árvores, sua liberação após o corte e o impacto do reflorestamento sobre o fluxo de carbono no solo.

Numerosos artigos têm criticado os modelos de seqüestro de carbono por não considerarem adequadamente os processos climáticos relacionados a mudanças globais. O modelo proposto por Sam Fankhauser (Fankhauser, 1995) é considerado o mais sofisticado e baseado em premissas significativamente mais realistas que trabalhos anteriores.

Um trabalho pioneiro sobre preço oculto de emissão de CO<sup>2</sup> é de Nordhaus (1991). Utilizando um modelo simples e assumindo uma taxa de desconto de 3% a.a., ele calculou o custo social em US\$7,3/tonelada de carbono (tC) emitida. Em trabalhos posteriores, Nordhaus (1992) considerou muitas críticas realizadas sobre seu modelo – Dynamic Integrated Climate Economy (DICE) – utilizado para otimizar crescimento econômico com mudanças climáticas. Os resultados para preços ocultos são similares aos trabalhos anteriores (US\$5,3/tC em 1995 e US\$10/tC em 2025).

Um modelo similar utilizou uma componente econômica mais detalhada, utilizada por Peck e Teisberg (1992). O modelo Carbon Emission Trajectory Assessment (CETA) produziu estimativas de preços ocultos em um intervalo entre US\$10/tC em 1990 e US\$22/tC em 2030. Dado que o CETA é estruturalmente similar ao DICE, a principal razão que explica as diferenças nas estimativas é relacionada às premissas de dados e riscos referentes ao carbono na atmosfera.

Contribuições importantes para o debate da precificação do carbono foram realizadas por Fankhauser (1993; 1994; 1995). Ele introduziu um modelo estocástico sobre os riscos relacionados aos gases do efeito estufa, reconhecendo explicitamente a não-linearidade e aspectos de incerteza dos processos climáticos. A incerteza é incorporada na modelagem por parâmetros-chave e variáveis aleatórias. Consiste em módulos de análise: emissões futuras, concentração atmosférica, forçamento radiativo, aumento de temperatura, custos e riscos relacionados ao aumento no nível do mar e taxas de desconto. A taxa de desconto adotada influencia bastante os resultados da modelagem. Fankhauser desenvolveu uma análise de sensibilidade para uma taxa de desconto dinâmica. Seu modelo difere-se dos anteriores, principalmente quanto aos seguintes aspectos:

- utiliza mecanismos climáticos de *feedback* de uma maneira mais detalhada e realística;
- utiliza uma análise de sensibilidade para a taxa de desconto.

O modelo de Fankhauser foi adotado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) nos impactos socioeconômicos do efeito estufa (IPCC, 1996). Desta forma, foi adotado como o instrumento para a geração dos valores adotados neste estudo.

### Carbono armazenado nas árvores

Grande parte da biomassa madeireira de uma árvore é carbono; portanto, o crescimento de novas árvores fixa mais carbono que o restante da floresta. Modelos de crescimento madeireiro geralmente disponibilizam informações relacionadas ao volume mercantil, que, por sua vez, não abrange raízes, galhos etc. A relação entre volume total e volume comercial é alta em árvores jovens e decresce rapidamente com o aumento de idade. O volume total é geralmente expresso em peso seco, medido através da densidade específica, que varia de espécie para espécie. Em geral, quanto mais densa a madeira, maior a retenção de carbono, porém em um intervalo de tempo maior.

Enquanto a espécie e o crescimento madeireiro afetam o estoque de carbono, o manejo florestal possui um impacto maior, principalmente através da atividade de desbaste ou raleio (MATTHEWS, 1992). Enquanto plantações florestais podem representar significativo seqüestro de carbono comparado a outros usos da terra, povoamentos desbastados seqüestram menos carbono, gerando um conflito de interesse entre manejo florestal para maximização de madeira e otimização de estoque de carbono.

## Liberação de carbono pelos produtos madeireiros

O uso final possui uma influência muito maior que a plantação em si, em relação à liberação do carbono. Matthews (1995) cita este fator como o maior determinante de carbono estocado, sendo significativamente maior que outros fatores como regime de manejo florestal. A emissão é relativamente mais alta em produtos do tipo capital-intensivo, tais como papel e celulose. Visando incorporar este efeito no modelo de fluxo de carbono, foram considerados os usos finais e a proporção de madeira alocada em cada uso. Os parâmetros foram extraídos de Thompson e Matthews (1989).

## Fluxo de carbono nos solos

Todos os solos contêm certo nível natural de carbono. Geralmente, é uma relação direta com matéria orgânica e organismos (JENKINSON, 1988). Em solos não-cultivados, inúmeros fatores naturais influenciam o conteúdo de carbono. O material orgânico proveniente da cobertura é incorporado, sendo influenciado pela taxa de decomposição e teor de água. Todavia, solos mal drenados e freqüentemente alagados apresentam baixas taxas de decomposição. Onde a deposição orgânica excede a decomposição, forma-se turfa, que formará os solos com os maiores teores de carbono.

Em áreas cultivadas, o estoque de carbono é reduzido por diversos fatores, tais como preparo de solo, irrigação, adubação salina, agrotóxicos etc. O crescimento mundial da agricultura intensiva durante o século XX exauriu os níveis de carbono nos solos. Este esgotamento vem propiciando a maior fonte de emissão global de CO<sup>2</sup> (BRIDGES e BATJES, 1996), no qual a queima de combustíveis fósseis fica em segundo lugar na contribuição histórica de aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono (POST et al., 1990).

Jenkinson (1988) examinou duas áreas que foram aradas por muitos anos e depois abandonadas para regeneração florestal por cerca de oito anos. Esta regeneração resultou em considerável acréscimo de carbono no solo,

confirmando as hipóteses de que o reflorestamento provoca aumento no teor de carbono no solo.

Dado o impacto da escala temporal nas valorações de fluxo de carbono, a forma da função de fluxo de carbono no solo é nitidamente importante. O consenso geral é que o fluxo marginal de carbono no solo é relativamente alto nos anos subseqüentes ao plantio inicial e declina suavemente até atingir o equilíbrio (CANNELL e MILNE, 1995). Os autores Matthews (1993) e Dewar e Cannel (1992) ilustram o estoque total de carbono no solo em forma exponencial negativa. Combinando-se essas informações, gerou-se um modelo de curva de estoque total e marginal de carbono em solo.

As relações funcionais foram estimadas para três elementos do modelo:

- Carbono armazenado na árvore - Funções para *Sitka spruce* e para *Beech* foram estimadas por ha e por ano. A função de carbono armazenado por árvores vivas de uma dada espécie e uma dada classe de crescimento é executada por data de plantio à data de corte. Esta função é reiniciada a cada replantio simulado.
- Emissão de carbono de florestas manejadas (e desbastadas) e produtos madeireiros - Emissões provenientes de desbastes e produtos foram consideradas. As funções de emissões de uma dada rotação serão estendidas através da próxima rotação, repetindo-se no próximo desbaste.
- Carbono armazenado em solos florestais - A função de fluxo de carbono no solo foi aplicada a partir da data do primeiro plantio. O seqüestro ou emissão foi somado ou subtraído no estoque anual marginal de carbono.

A valoração da mudança no estoque de carbono marginal foi realizada pela referência “valores unitários por ano”, dada por Fankhauser (1994). Consideram-se valores marginais por espécie e por classe de crescimento, aplicados no cálculo do VPL ou anuidade equivalentes.

Foi utilizado um SIG para aplicar esses valores aos mapas de classes de crescimento prognosticadas, para as duas espécies consideradas, produzindo-se mapas de valores referentes ao carbono armazenado. Foram cruzados valores de fluxo de carbono no solo com os dados referentes aos tipos de solo do LandIS e gerado um mapa de seqüestro de carbono no solo. Finalmente, subtraindo os desbastes e os níveis de emissão dos produtos madeireiros para as espécies relevantes, obteve-se um mapa de valores líquidos de fluxo de carbono. Para povoamentos não desbastados, a curva geral é em forma de S. Utilizou-se uma relação entre a data de corte e a data do primeiro desbaste, para todas as classes de crescimento.

Os impactos do carbono no solo e as equações de seqüestro e emissão de carbono foram operacionalizados através de um programa implementado em Fortran. Este programa estimou o valor de seqüestro de carbono para um intervalo de taxas de desconto e classes de crescimento. Para cada combinação entre taxa de desconto e classe de crescimento, três valores líquidos de seqüestro de carbono foram calculados:

- o VPL do ciclo inicial (otimizado);
- o VPL de uma série perpétua de ciclos otimizados ( $t = 1.000$  anos, assumindo-se replantio após o corte);
- a renda anual equivalente.

A classe de rendimento e a taxa de desconto possuem impactos significativos sobre os valores líquidos de seqüestro de carbono. O VPL foi calculado por classe de rendimento.

Os modelos prognosticados e ajustados puderam ser aplicados aos mapas de prognose madeireira, visando produzir mapas de valor líquido de seqüestro de carbono derivado para a consideração de carbono armazenado em árvores e emissões de desbastes e produtos madeireiros. Os resultados refletem fortemente o padrão de rendimento madeireiro e conseqüentemente influenciam as determinantes ambientais das taxas de crescimento. O padrão de valor líquido

---

de fluxo de carbono é similar para as duas espécies, refletindo a taxa de crescimento lento nas áreas altas e crescimento alto nas baixadas e vales.

Foram gerados quatro mapas com os rendimentos anualizados: i) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 6% a.a.; ii) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 6% a.a.; iii) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 3% a.a. e; iv) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 3% a.a. Esses mapas possuem valores privados e sociais e são tratados como insumos para a Análise Custo- Benefício (representando uma externalidade florestal positiva: a retenção de carbono).

### 3.3.4 - Recreação e Lazer

Os fazendeiros se interessam pela possibilidade de vender a madeira (licença de corte), mas não no lazer (em virtude da possibilidade de risco de fogo, arruaça, furto etc.), explicitando um conflito de interesse, que se agrava ainda mais pelo fato de as áreas serem relativamente pequenas (15 ha em média). Eles exigem certa compensação, dado que os benefícios florestais são um tanto quanto obscuros, comparando-se com as atividades já conhecidas. Isto demanda um risco-prêmio. Segundo Lloyd et al. (1995), uma razão para aumentar a aversão de um fazendeiro converter sua terra para floresta é que isto pode ser irreversível, face às peculiaridades da legislação ambiental e ao resíduo florestal oriundo da colheita (principalmente toco), reduzindo oportunidades futuras e, conseqüentemente, desvalorizando a terra. A aversão ao risco da conversão pode ser modelada de diversas maneiras, mas uma normalmente utilizada é utilizar uma taxa de desconto mais alta que a normalmente utilizada para se avaliar os investimentos.

Além dos dados documentados na literatura especializada, aplicou-se Valoração Contingente e Custos de Viagem em florestas de acesso aberto no Reino Unido. O desenho desses estudos reflete o desejo de se obterem valores que possam ser utilizados na Análise Custo-Benefício. Foram realizados os seguintes estudos:

- Thetford 1 – Valoração Contingente e Custos de Viagem, sendo que a primeira teve como foco a comparação de protocolos distintos, comparação entre usuários e não usuários etc., e a segunda teve como foco a análise dos efeitos de forma, distância etc. As variáveis foram investigadas com análise de regressão *stepwise* de todas as variáveis socioeconômicas. Na prática, há evidências que ambos os métodos geram estimativas razoavelmente similares (CARSON et al, 1996).
- Wantage – valoração da disposição a pagar (usuários) e disposição a receber (fazendeiros), ou seja, o quanto os usuários estão dispostos a pagar para usufruir do recursos e quanto os fazendeiros aceitam receber como compensação do uso da terra.

- Thetford 2 – Valoração Contingente, avaliando-se a ordem das questões e orçamentos e as ferramentas do SIG.

Um agravante na Valoração Contingente é a percepção de que florestas são públicas e de acesso aberto, mesmo que a maior parte tenha sido privatizada. Isto dificulta a estimativa de valor a ser pago pelo cidadão.

O tempo de viagem é um fator importante e diretamente relacionado à distância. O SIG utilizado aprimorou as estimativas relacionadas à distância e tempo de viagem. As análises espaciais foram utilizadas para aprimorar os cálculos, produzindo-se estimativas mais realistas. A rede viária foi extraída do banco de dados Bartholomew 1:250.000 para o Reino Unido. Esta fonte de dados possui classes de estradas, discriminando quinze categorias. Velocidades típicas podem ser relacionadas às diferentes classes de estradas definidas. Assim, o tempo de viagem pode ser calculado para seções discretas da malha. Dados de velocidades médias para diferentes categorias de estradas foram obtidos em diversas fontes, como o Department of Transport (DoT) (Departamento de Transporte). O tempo foi calculado, dividindo-se o comprimento do trecho pela velocidade média. Os benefícios provenientes da utilização do SIG foram significativos, pois se comparando a abordagem de linha reta com estradas reais e uso de centróides com a localização exata chegou-se a 100% de diferença.

Apesar dos resultados satisfatórios obtidos com os estudos, os autores optaram por adotar o valor médio proveniente da literatura, devido principalmente a dois motivos:

- amostragem maior e mais representatividade;
- valor menor, mantendo-se a estimativa conservadora. Isto se torna mais defensável na Análise Custo- Benefício.

Foi modelado o número de visitantes predito para uma floresta particular e testado a eficiência da função de predição de visitantes em outros locais. Isto foi feito através de um modelo zonal que estima taxas de visitantes para toda a área de estudo. Os valores recreativos obtidos para florestas de acesso aberto foram aplicados para o mapa de superfície de visitantes para a demanda potencial de

recreação. Um filtro suavizador foi utilizado para preencher os espaços vazios entre as estradas, oferecendo os valores para cada célula, de forma a produzir uma superfície contínua relacionada à demanda recreativa, preenchendo assim toda a área de estudo. O filtro foi aplicado com uma janela móvel. Treze zonas temporais foram definidas.

Estradas foram rasterizadas em uma grade regular de 500 x 500 m. O valor atribuído a cada célula foi a classe de estrada no segmento, com o valor do comprimento.

Dados populacionais e centróides para os distritos foram obtidos do Manchester Computing Centre (Centro de Computação de Manchester). A área de estudo total envolve 30.311 distritos com uma população residente de 13.821.562 pessoas. Estes centróides com os dados populacionais foram incorporados aos *pixels*. Após a espacialização dos atributos, foi possível aplicar as equações e funções pertinentes para gerar mapas de valoração. Os resultados refletem a influência da distribuição populacional sobre a predição de visitas em florestas recreativas. Foram incorporados os valores de visitação calculados, utilizando o menor (via Valoração Contigente) e o maior (via Custo de Viagem Individual), visando obter um envelope<sup>17</sup> de valores recreativos.

Estes dados foram utilizados para predizer visitantes e valores e foram então extrapolados para 27 áreas florestais. As estimativas foram convertidas em valores monetários, utilizando os estudos de valoração citados anteriormente. Os resultados atenderam às expectativas, mostrando que a demanda predita é relacionada à distribuição populacional e acessibilidade.

A adoção de uma análise de sensibilidade, utilizando-se limites mínimos e máximos para criar um envelope de valores recreativos, representa uma melhoria substancial das estimativas.

---

<sup>17</sup> Limites inferior e superior.

---

Foram gerados quatro mapas com os rendimentos anualizados: i) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 6% a.a.; ii) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 6% a.a.; iii) valores para floresta de coníferas, com taxa de desconto de 3% a.a. e; iv) valores para floresta de folhosas, com taxa de desconto de 3% a.a. Esses mapas possuem valores privados e sociais e são tratados como insumos para a Análise Custo-Benefício (representando uma externalidade florestal positiva: recreação e lazer).

### 3.3.5 - Análise Custo-Benefício

É importante frisar que esta análise foi parcial, pois não foram considerados todos os custos de oportunidade – uma característica de muitas aplicações práticas deste tipo de análise.

Foram considerados dois tipos de produção agrícola (ovelha e gado leiteiro), duas espécies de árvores (coníferas e folhosas), utilizando-se dois pontos de vista (privado e social). Foi estimada uma variedade de benefícios florestais (recreação, madeira e seqüestro de carbono) e comparados com os benefícios agrícolas. Finalmente, foram estimados os benefícios líquidos da conversão utilizando duas taxas de desconto: 3 e 6% a.a.

É importante frisar que, devido ao fato de se considerarem os maiores preços agrícolas, há uma leve tendência de se superestimarem os benefícios agrícolas e subestimarem os benefícios florestais. Isto é desejável, pois ocasiona uma análise conservadora relacionada à conversão do uso da terra.

Os resultados consideraram várias permutações. Na essência, a abordagem inicia com a apresentação dos valores agrícolas de um tipo de produção específica e subtrai vários benefícios de uma floresta, dada uma taxa de desconto. Assim, um resultado negativo indicaria a vantagem da floresta em relação à agricultura. Esses benefícios líquidos variados são obtidos através de cruzamento de mapas de valores respectivos, com adição ou subtração de valores quando necessários.

Foi assumido que o aumento de área plantada para produção madeireira (aumento da oferta de madeira) não causaria redução no preço da madeira. Esta premissa só foi possível devido ao fato de a maior parte da madeira consumida no Reino Unido ser importada e com o preço definido exclusivamente pelo mercado externo. Similarmente para o seqüestro de carbono, a premissa também foi considerada, face à proporção relativamente minúscula do excesso de carbono atmosférico a ser removida por essas florestas potenciais. Todavia, isto não pode ser assumido para a recreação, pois qualquer aumento substancial na oferta de áreas recreativas é suscetível de impacto na curva de demanda, diminuindo os valores.

Para a abordagem privada, foram considerados os subsídios (o que favorece a agricultura). Para a abordagem social, foram removidos os subsídios de ambos os lados da equação, visando tornar a comparação mais justa e objetiva (o que favorece a floresta).

Primeiramente, foram comparados valores da agricultura com madeira. O segundo passo adicionou a retenção de carbono. Finalmente, o terceiro estágio de análise é a adição de valores recreativos e o recálculo dos benefícios líquidos.

Na perspectiva do fazendeiro, a comparação da agricultura só pode ser realizada com a produção madeireira, ignorando a retenção de carbono ou valores recreativos, pois o mercado atual não o remunera por isto. Todavia, estes cálculos indicam os benefícios líquidos que os fazendeiros deveriam receber se eles fossem recompensados por esses serviços ambientais. Todas as definições acerca dos valores de uma floresta (madeira, carbono, recreação) têm impactos diretos relevantes quando visualizados do ponto de vista social, interessado nos valores mercantis e não-mercantis. Os resultados foram categorizados pela taxa de desconto, espécies arbóreas e setor agropecuário em consideração. Os dados utilizados na análise foram gravados (interpolados) em 1 km<sup>2</sup>, e a área de estudo compreende 20.563 células.

#### 3.3.5.1 - 6% a.a. de taxa de desconto

Este é um nível adequado para o leite, mas excessivo para a ovelha e floresta.

##### 3.3.5.1.1 - Conversão de criação de ovelhas para floresta de coníferas

Considerando-se a óptica privada, o retorno oriundo da criação de ovelha ainda é superior ao da produção madeireira. Porém, a situação se inverte ao se considerar a retenção de carbono e a recreação, caso o produtor fosse remunerado por isto. Em relação à óptica social, todos os usos florestais foram superiores, incluindo somente a madeira.

Os resultados mostram que um pequeno aumento nos subsídios já promoveria a viabilidade financeira para a conversão em floresta. Esse aumento no subsídio poderia ser na forma de remuneração por alguns serviços ambientais, tais como retenção de carbono e recreação.

A análise espacializada mostra que as áreas mais propícias à conversão florestal são terras baixas, vales e encostas, pois além de grande produtividade madeireira, há outros serviços indiretos, tais como redução do risco de erosão e deslizamentos de terras. Além disso, trata-se de áreas com relativa demanda por recreação (acessos e proximidade aos centros urbanos).

Mesmo considerando somente a madeira (produto estratégico e de longo prazo), há visivelmente grandes vantagens sociais relacionadas às áreas florestais. Por isto, a sociedade deveria remunerar o fazendeiro por propiciar a produção desses bens e serviços. Essa remuneração poderia ser realizada na forma de subsídios, redução de impostos ou mesmo pagamento pelos bens e produtos. Desta forma, o fazendeiro teria incentivo econômico para adotar a floresta como principal uso de sua terra.

#### 3.3.5.1.2 - *Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de coníferas*

Uma diferença em relação à criação de ovelhas é que as áreas mais propícias à conversão florestal estão nas terras altas, ao invés das terras baixas. Isto se dá pelo fato de a altitude comprometer a produção de leite, sendo a terra preferencialmente utilizada para a produção madeireira. Além disso, tanto sob a óptica privada quanto social, os benefícios florestais não excedem aos benefícios leiteiros.

### 3.3.5.1.3 - *Conversão de criação de ovelha para floresta de folhosas*

Se for considerada somente a produção de madeira, geralmente a conversão não gera benefícios líquidos quando considerada a abordagem privada, mas quase sempre produz ganhos sociais.

Apesar de valores de mercado mais altos para madeira de folhosas que madeira de coníferas, o tempo de maturação compromete os rendimentos. Desta forma, para o produtor, só há vantagens relacionadas à conversão florestal quando considerados a retenção de carbono e a recreação. Em relação à óptica social, a conversão para floresta de folhosas trouxe ganhos menores que a floresta de coníferas, em parte por causa da disposição a pagar dos visitantes não valorizarem tanto o grupo de espécies em questão. As únicas áreas onde a conversão não se justifica são as ocupadas por solos turfosos. Provavelmente, se fossem considerados outros valores, tais como biodiversidade, habitat etc., a situação se inverteria.

### 3.3.5.1.4 - *Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de folhosas*

Pelos mesmos motivos apresentados acima, não houve motivação suficiente para a conversão de gado leiteiro para floresta de folhosas.

Em geral, os valores exatos de retorno foram maiores em coníferas que folhosas e maiores em ovelha que gado leiteiro.

Independentemente de um sistema de incentivos econômicos, é importante notar que algumas áreas atualmente não-florestais apresentaram alto potencial de benefício líquido, podendo direcionar políticas públicas locais ou até mesmo regionais, tais como os extremos topográficos (algumas terras baixas no caso de criação de ovelha e algumas terras altas no caso de criação de vacas).

Em um cenário de liberação agrícola e com fazendeiros sendo pagos por externalidades positivas, seria esperada uma conversão primariamente para

produção leiteira, com madeira como segunda opção. Porém, considerando-se os potenciais impactos no preço de um determinado produto com um possível aumento da produção, acredita-se que realmente há um potencial de conversão de ovelha para florestas nas terras baixas. Nas terras altas, o valor florestal excede em geral, com exceção das áreas com solos turfosos.

A aparente superioridade das coníferas em relação às folhosas ocorreu, porque não foram valorados os impactos relacionados à acidificação e biodiversidade, características que pesariam a favor das folhosas.

Apesar da aparente vantagem da escolha por fazendas de produção leiteira, é importante frisar a perda de produtividade nas terras altas e as cotas governamentais relacionadas às limitações na quantidade de leite. A análise das fazendas leiteiras sugere que, em geral, não há justificativa econômica forte o suficiente para convertê-las em áreas florestais. Algumas áreas altas e pouco produtivas seriam indicadas para a conversão (mas não turfa), porém há poucas fazendas leiteiras nestas áreas.

#### 3.3.5.2 - 3% a.a. de taxa de desconto

Uma taxa de desconto de 3% a.a. é equivalente à taxa utilizada por criadores de ovelhas em suas tomadas de decisões e vem sendo adotada para projetos sociais. Não representa a realidade para criadores de gado leiteiro.

##### 3.3.5.2.1 - Conversão de criação de ovelhas para floresta de coníferas

Para todas as opções, apresentou-se mais vantajosa a opção pela floresta. Esta conversão não ocorre pelo fator de risco envolvido, fator que exigiria uma taxa de desconto mais alta (prêmio ao risco).

#### 3.3.5.2.2 - *Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de coníferas*

Devido à rentabilidade da atividade, esta taxa de desconto não é a mais adequada para a atividade leiteira. Considerando-se os benefícios sociais, cerca de 18% das células são indicadas para a conversão. Os fatores que mais influenciam são acessibilidade e demanda recreativa de áreas urbanas.

#### 3.3.5.2.3 - *Conversão de criação de ovelhas para floresta de folhosas*

Dado o longo tempo para rendimento de folhosas (longas rotações), típico das folhosas, a taxa de desconto adotada tende a ser mais impactante.

#### 3.3.5.2.4 - *Conversão de criação de gado leiteiro para floresta de folhosas*

O longo atraso associado às folhosas influenciou de forma a que não se justificasse nenhuma conversão.

Considerando-se os resultados para taxa de desconto de 6% a.a. para conversão de fazendas de criação de ovelhas para florestas de coníferas, percebe-se que o nível de subvenção e subsídio pagos foi insuficiente para justificar a conversão, uma situação fácil de ser resolvida através de um pequeno aumento nos subsídios, ainda mais quando considerados os benefícios sociais desta conversão. Ao considerar a conversão potencial para florestas de folhosas, os fatores mais críticos foram o período de rotação longo e o crescimento lento. Porém, através da abordagem SIG, foi possível a seleção/priorização de locais mais indicados para a conversão – mesmo que poucos.

Os resultados revelam uma interessante dicotomia entre análise econômica e prática política. As áreas próximas à alta densidade populacional, acessíveis, baixas, com alta produtividade florestal e com alta demanda recreativa possuem vocação para conversão florestal, porém definitivamente não são as áreas com

---

esforço político nesta direção. Aliás, as áreas florestais estão quase integralmente em áreas altas, inacessíveis pela população. Análise econômica de ambos os benefícios líquidos (internos e externos) mostram considerável justificativa para trazer a floresta para o pé da montanha.

De uma perspectiva somente privada, a única fonte de renda na alternativa florestal é a venda da madeira. Esta Análise Custo- Benefício é bastante útil, não por tentar justificar conversões para áreas florestais, mas principalmente por mostrar que há áreas com agricultura, cuja maior vocação é florestal (ineficiência alocativa).

Quando visualizada de uma perspectiva social, é desejável o crescimento de florestas de uso múltiplo sobre certos setores da agricultura de Gales. Isto significa que a Análise Custo- Benefício é útil para viabilizar a transferência de pagamentos referentes aos valores florestais não-mercantis e facilitar conversões de uso da terra de áreas ineficientes ou com sua vocação ignorada.

### 3.4 Considerações Finais

Os autores consideraram duas taxas de desconto, uma mais indicada para o setor leiteiro (6% a.a.) e outra mais compatível com projetos de longo prazo (3% a.a.). Suas análises foram sintetizadas em uma Análise Custo-Benefício da conversão potencial da terra de agricultura para uso florestal. Ambas as perspectivas (privada e social) foram apresentadas e os resultados claramente demonstram a sensibilidade de análises restritas somente aos preços de mercado ou com valores não-mercantis. Os custos de oportunidades da conversão de terra agricultável em floresta foram examinados. Florestas produzem uma variedade de benefícios e custos com e sem preços de mercado. Mesmo quando não há retorno financeiro ao proprietário da terra, há significativo valor social.

Em relação à recreação e lazer, as estimativas obtidas via “Valoração Contingente” foram sensíveis às alterações nos protocolos de coletas de dados, tais como ordem das questões, inclusão ou exclusão de questões referente ao orçamento recreativo, escolha do formato da “Disposição a Pagar”, tipo de respondente etc. Apesar desta variação estar alinhada com interpretações da teoria econômica, não resolve a complexa questão sobre qual o valor mais apropriado em termos práticos. Já as estimativas obtidas via “Custos de Viagem” variaram de acordo com a metodologia empregada, em particular em relação à mensuração dos efeitos de impactos, escolha de unidades de valores e técnica de estimativa. Todavia, as técnicas de SIG utilizadas para aprimorar a medida das variáveis-chave produziram estimativas mais acuradas de valores recreativos. Igualmente importante é a questão de quantas pessoas visitarão um sítio florestal, ou seja, a estimativa da função de demanda de visitantes.

Em relação à valoração de madeira e carbono, está intimamente relacionada com a taxa de crescimento das espécies arbóreas e com os custos e benefícios de uma implantação e manutenção florestal. Em relação à taxa de crescimento arbóreo, foi implantando um modelo de crescimento de madeira. A alta qualidade dos dados e das prognoses facilitou a estimativa, inclusive com a geração de mapas de produção madeireira. Este modelo foi base para a valoração madeireira e para o seqüestro de carbono. O principal indicador é a estimativa do Valor

Presente Líquido e seu equivalente anual. O modelo requer estudos que busquem taxas de descontos adequadas para uma tomada de decisão bem embasada. Além disso, é uma constante a apresentação de preços de mercado e valores obscuros para poder investigar o valor de uma floresta, tanto sob a óptica de um fazendeiro, quanto sob a da sociedade.

Esta interface com SIG permitiu a inclusão de características ambientais de fazendas individuais, como variáveis explicativas nas funções de valoração e a espacialização dos resultados, ressaltando a aplicabilidade da Análise Custo-Benefício e mostrando que a mesma decisão política traz ganhos ou perdas sociais, dependendo da área escolhida. Esta análise identifica uma série de resultados interessantes e úteis, com implicações políticas em relação à metodologia utilizada. Benefícios líquidos foram calculados, tanto da perspectiva privada quanto da social. Em geral, a floresta traz benefícios sociais maiores que a agricultura, porém benefícios privados menores. Este cenário justificaria um maior aporte de subsídios governamentais para conservação ou conversão de florestas e um menor aporte de subsídios para produção agrícola. De acordo com os autores, houve um caso (criação de ovelhas x plantação de coníferas, com 3% a.a.), em que a floresta apresentou retornos mais atrativos.

Em relação à alternativa de geração de renda relacionada à floresta, é importante notar uma relação antagônica existente entre rentabilidade (povoamentos arbóreos homogêneos) e biodiversidade (povoamentos heterogêneos). Os autores comentam sobre a superioridade da espécie de folhosas para habitat de pássaros e outras espécies animais.

Foram escolhidos dois pontos gerais como principais contribuições, uma metodológica e outra empírica.

#### 3.4.1 - Principal Contribuição Metodológica

A principal contribuição metodológica desta pesquisa foi a incorporação de variáveis espaciais e ambientais em uma variedade de modelos econômicos mediados por um SIG. Por exemplo, houve a incorporação de características da

infra-estrutura viária (estradas de acesso) e a distribuição da população no modelo de demanda recreativa. Também houve a manipulação e integração de dados ambientais nas análises dos valores da agricultura. O SIG ofereceu um meio ideal para combinar uma variedade de formato de dados, tais como a integração de mapas e dados tabulares, presentes na análise de crescimento de madeira. Outro aspecto positivo é a saída em forma de mapa, facilitando a interpretação e tomada de decisão dos agentes interessados. A flexibilidade e poder analítico de um SIG tornaram-no uma ferramenta ideal para incorporar e analisar a complexidade espacial, que é uma parte importante do mundo real, mas comumente ausente em muitas análises econômicas.

#### 3.4.2 - Principal Contribuição Empírica

Esta pesquisa apresentou uma Análise Custo- Benefício entre agricultura/floresta de uma grande área de Gales. E os resultados indicam que é vantajoso converter algumas áreas utilizadas para criação de ovelha em floresta. Além disso, os autores demonstraram que o nível de subsídio e fomento é insuficiente para induzir à conversão. Por outro lado, os dados demonstram que somente um aumento modesto seria suficiente para criar incentivo financeiro para a opção florestal.

Em essência, a análise salientou a diferença entre o mercado e o valor social. Por incluir as externalidades, fica clara a percepção de que o governo intervém pouco nas falhas de mercado, uma situação que pode ser remediada pela transferência de pagamentos do valor econômico total de bens que possuem valor mais alto que o preço de mercado.

Os métodos descritos e os resultados obtidos podem auxiliar em tomadas de decisões multicritérios que envolvem diferentes usos da terra, com diferentes impactos socioambientais.

Futuros estudos devem considerar o setor agrícola, a definição da taxa de desconto, a escolha das espécies florestais e muitas outras variáveis.

#### 4 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÜERO, P. H. V. Avaliação Econômica dos Recursos Naturais. **Tese** apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1996. 225 p.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- BATEMAN, I. J. The United Kingdom. In: WIBE, S.; JONES, T. (Eds.). **Forests: Market and Intervention Failures**, London: Earthscan, 1992. p. 10-57.
- BATEMAN, I. J. Environmental and economic appraisal. In: O'RIORDAN, T. (Ed.). **Environmental Science for Environmental Management**, Harlow: Longman, 1995. p. 45-65.
- BATEMAN, I. J.; DAY, B. H.; LAKE, I.; LOVETT, A. A. **The Effect of Road Traffic on Residential Property Values: A Literature Review and Hedonic Pricing Study**. Endinburgh: The Stationery Office, 2001.
- BATEMAN, I. J.; LOVETT, A. A.; BRAINARD, J. S. **Applied Environmental Economics: A GIS Approach to Cost-Benefit Analysis**, 2003. Cambridge Press. London. 336p.
- BATEMAN, I. J. Environmental impact assessment, cost-benefit analysis and the valuation of environmental impacts. In: PETTS, J. (Ed.). **Handbook of Environmental Impact Assessment**, v. I: Environmental Impact Assessment: Process, Methods and Potential. Oxford: Blackwell Science, 1999. p. 93-120.
- BATEMAN, I. J. An economic comparison of forest recreation, timber and carbon fixing values with agriculture in Wales: a geographical information systems approach. **Ph.D. thesis**, Department of Economics, University of Nottingham. 1996.
- BATOR, F. M. The anatomy of market failure. **Quart. J. Econ**, v. 72, p. 351-379, 1958.

BERGER, R. Análise Benefício-Custo: instrumento de auxílio para tomada de decisões na empresa florestal. **Circular Técnica**, n. 97, Março, 1980. PBP/6.

BERNSTEIN, B. B. Ecology and economics: Complex systems in changing environments. **Annual Rev. Ecologic Systems**, v. 12, p. 309-330, 1981.

BLAKEWAY-SMITH, J.; MILLER, D.; QUINE, C. **The use of geographic information systems in forest management**. Aberdeen: Macaulay Land Use Research Institute, 1993.

BOULDING, K. E. **Ecodynamics: A New Theory of Societal Evolution**. Beverly Hills, California: Sage. 1978.

BOULDING, K. E. Knowledge, resources and the future. A review of Simon's The Ultimate Resource and Brown's Building a Sustainable Society. **BioScience**, v. 32, p. 343-344. 1982.

BOULDING, K. E. The economics of the coming spaceship Earth. In: **Environmental Quality in a Growing Economy**. A Resource for the Future Book. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1966. 314p.

BRIDGES, E. M.; BATJES, N. H. Soil gaseous emissions and global climatic change. **Geography**, v. 81, p. 155-169. 1996.

BROWN, L. R. The global economic prospect: New sources of economic stress. **Worldwatch Paper**, v. 20. Washington, D. C.: Worldwatch Institute, 1978. 56p.

BROWN, L. R. **Building a Sustainable Society**. New York: Norton, 1981. 433p.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: University Press. 1998. 356 p.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: University Press, 1986. 193p.

CANNELL, M. G. R.; MILNE, R. Carbon pools and sequestration in forest ecosystems in Britain. **Forestry**, v. 68, p. 361-378, 1995.

CARSON, R. T; FLORES, N. E; MARTIN, K. M; WRIGHT, J. L. contingent valuation and revealed preference methodologies: comparing the estimates for quasi-public goods. **Land Economics**, v. 72, p. 80-99, 1996.

CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P; LEORNARDI, M. L. A. (Eds.). **Economia do Meio Ambiente**. Campinas. Unicamp, 1997. p. 61-82.

CLARK, C. W. Bioeconomics. In: MAY, R. M. (Ed.). **Theoretical Ecology**. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 1981. p. 387-418.

COASE, R. H. The problem of social cost. **J. Law Econ**, v. 3, p. 1-44, 1960.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P E VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

COSTANZA, R.; DALY, H. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, v. 6, p. 37-46, 1992.

COSTANZA, R.; MAXWELL, T. Resolution and predictability: an approach to the scaling problem. **Landscape Ecology**, v. 9, p. 47-57, 1994.

COSTANZA, R. Embodied energy and economic valuation. **Science**, v. 210, p. 1219-1224, 1980.

COSTANZA, R. Ecological economics: a research agenda. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 2, p. 335-357, 1991.

DALY, H. E. On Economics as a Life Science. **The Journal of Political Economy**, v. 76, n. 3, p. 392-406. 1968.

DEWAR, R. C.; CANNELL, M. G. R. Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples. **Tree Physiology**, v. 11. p. 49-72, 1992.

DESAIGUES, B.; POINT, P. Les Méthodes de Détermination d'indicateurs de Valeur Ayant la Dimension de Prix pour les Composantes du Patrimoine Naturel. **Revue Economique**. v. 41, n 2, p. 269-318, 1990.

DORE, M.; KULSHRESHTHA, S; JOHNSTON, M. An integrated economic-ecological analysis of land use decisions in forest-agriculture fringe regions of Northern Saskatchewan. **Geographical and Environmental Modelling**, v. 5, n. 3, p. 159-175, 2001.

EASTMAN, J. R. **Idrisi manual**. Clark University - Graduate School of Geography, Massachusetts. 1992.

FANKHAUSER, S. Global warming economics: issues and state of the art. **CSERGE Working Paper GEC 93-28**. London: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia e University College London, 1993.

FANKHAUSER, S. The social costs of greenhouse gas emissions: an expected value approach. **Energy Journal**, v. 15, n. 2, p. 157-184, 1994.

FANKHAUSER, S. **Valuing climate change: The economics of the Greenhouse**. London: Earthscan, 1995.

FARNWORTH, E. G.; TIDRICK, T. H.; JORDAN, C. F.; SMATHERS, W. M. The value of natural ecosystems. An economic and ecological framework. **Environmental Conserv**, v. 8, p. 275-282, 1981.

FOLADORI, G. La economía ecológica. In: PIERRI, N.; FOLADORI, G. (Eds.). **¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable**. Montevideo: Imprensa y Editorial Baltgráfica, p.189-195, 2001.

FREEMAN, A. M. Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues. **The Scandinavian Journal of Economics**. v. 81, n. 2, p. 154-173, 1979.

FORESTRY COMMISSION (FC). **Forestry Facts and Figures**. Edinburgh. 2001.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Bio-economic aspects of entropy. In: KUBÁT, L.; ZEMAN, J. (Eds.). **Entropy and Information in Science and Philosophy**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1975. p. 125–142.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays**. New York, NY: Pergamon Press, 1976.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Bioeconomics. In: JUNKER, L. (Ed.). **The Political Economy of Food and Energy**. Michigan Business Papers, n. 62. Ann Arbor: University of Michigan, 1977. p. 105-134.

GRUNCHY, A. G. **Modern Economic Thought: The American Contribution**. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1947.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997.

HABERKORN, T. H. Uso combinado de sistemas de informação geográfica e análise emergética no planejamento de bacias hidrográficas. In: ORTEGA, E. (Org.). **Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Uma introdução à metodologia emergética**. Campinas, SP: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 2003. Cap. 22.

HANLEY, N.; RUFFELL, R. J. **Recreational use values of woodland features**. Report of the Forestry Commission. Stirling: University of Stirling, 1991.

HAUSMAN, J. A. **Contingent Valuation: a Critical Assessment**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1993.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2001.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 1995: Economic and Social Dimensions**. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1996.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Land use, land change and forestry**. Cambridge University Press, 2000.

JENKINSON, D. A. Soil organic matter and its dynamics. In: WILD, A. (Ed.). **Russel's Soil Conditions and Plant Growth**. London: Longman, 1988.

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, 2008. São Paulo. 553p.

JONES, T E. Current prospects of sustainable economic growth. In: LASZLO, E.; BIERMAN, J. (Eds.). **Goals in a Global Community**. A Report to the Club of Rome. New York: Pergamon Press, 1977. p. 117-179.

KRUTILLA, J. V., FISHER, A. C. **The Economics of Natural Environments**. Baltimore: Johns Hopkins Univ., 1976.

LLOYD, T.; WATKINS, C.; WILLIAMS, D. Turning farmers into forests via market liberalization. **Journal of Agricultural Economics**, v. 46, n. 3, p. 361-370, 1995.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. (Eds.). **Geographical Information Systems**. New York: John Wiley and Sons, 1999.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. (Eds.). **Geographical Information Systems and Science**. Chichester: John Wiley and Sons, 2001.

LUSTOSA, M. C. J.; CÂNEPA, E. M.; YOUNG, C. E. F. Política Ambiental. In: MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Eds.). **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 135-153.

MAGUIRRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. Essex: Longman, London Scientific & Technical, 1991.

MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R., REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Eds.). **Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: UNICAMP, 1996.

MARTIN, D. J. **Geographic Information Systems: Socioeconomic Applications**. London: Routledge, 1996.

MATTHEWS, R. W. Forests and arable energy crops in Britain: can they help stop global warming? In: **Proceedings of the Conference Wood, fuel for thought**. Oxfordshire: Harwell Laboratories, 1992.

MATTHEWS, R. W. The influence of carbon budget methodology on assessments of the impacts of forest management on the carbon balance. In: **Proceedings of the NATO Advanced Research workshop**. Farnham: Alice Holt Lodge, 1995.

MATTHEWS, R. W. **Towards a methodology for the evaluation of the carbon budget of forests**. Mensuration Branch. Forestry Commission. Farnham: Alice Holt Lodge Research Station, 1993.

MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional – Ano base 2008**. 2007. 60p.

NORDHAUS, W. D. A sketch of the economics of the greenhouse effect. **American Economic Review, Papers and Proceedings**, v. 81, n. 2, p. 146-150, 1991.

- NORDHAUS, W. D. The DICE model: background and structure of a dynamic integrated climate economy model of the economics of global warming. **Cowles Foundation Discussion Paper**, v. 1009, 1992.
- NORUSIS, M. J. **SPSS-X: Advanced Statistics Guide**. New York: McGraw-Hill, 1985.
- NOWAK, D. J. Atmospheric carbon reduction by urban trees. **Journal of Environmental Management**, v. 37: p. 207-217, 1993.
- ODUM, E. P. **Basic Ecology**. CBS College Publishing, 1983. Florida. 434p.
- ODUM, H. T. **Environment, Power and Society**. New York: John Wiley & Sons, 1971. 331p.
- ODUM, H. T. Energy, Ecology and Economics. **Ambio**, v. 2, n. 6, p. 220-227, 1973.
- ODUM, H. T. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making**. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- PALUMBO, A. V., MCCARTHY, J. F.; AMONETTE, J. E., FISHER, L. S., WULLSCHLEGER, S. D.; DANIELS, W. L. Prospects for enhancing carbon sequestration and reclamation of degraded lands with fossil-fuel combustion byproducts. **Advances in Environmental Research**, v. 8, p. 425-438, 2004.
- PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **The Economics of Natural Resources and the Environment**. Hemel Hempstead: Harvester Wheat Sheaf, 1990.
- PEARCE, D. W. **Cost-Benefit Analysis**, 2. ed. Basingstoke: Macmillan, 1986.
- PEARCE, D. W. **Economia Ambiental**. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 1985.
- PEARSE, P, H. A new approach to the evaluation of non-priced recreational resources. **Land Economics**, v. 44, n. 1, p. 87-99, 1968.

PECK, S. C.; TEISBERG, T. J. CETA: a model for carbon emissions trajectory assessment. **Energy Journal**, v. 13, n. 1, p. 55-77, 1992.

PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. Lonfon: Macmillan, 1920. 976p.

POST, W. M.; PENG, T. H.; EMANUEL, W. R.; KING, A. W.; DALE, V. H.; DE ANGELIS, D. L. The global carbon cycle. **American Scientist**, v. 78, p. 310-326, 1990.

RAMIREZ, O. A., CARPIO, C. E., ORTIZ, R. E FINNEGAN, B. Economic value of the carbon sink services of tropical secondary forests and its management implications. **Environmental and Resources Economics**, v. 21, p. 23-46, 2002.

RANDALL, P. L. Market solutions to externality problems. **American Journal of Agr. Economy**. v. 54, p. 175-183, 1972.

RANDALL, A. A. Difficulty with the Travel Cost Method. **Land Economics**. v. 70, n. 1, p. 88-96, 1994.

ROCHA, J. V. O sistema de informações geográficas no contexto do planejamento integrado de bacias hidrográficas. In: ORTEGA, E. (Org.). **Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Uma introdução à metodologia emergética**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 2003. Cap. 20.

ROMEIRO, A.R.; REYDON, B. P.; LEORNARDI, M. L. A. **Economia do Meio Ambiente**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1997.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. **Journal of Political Economy**. v. 82, n. 1, p. 34 – 55, 1974.

SCHUMACHER, E. F. **O negócio é ser pequeno: um estudo de economia que leva em conta as pessoas. (Small is beautiful)**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

SERALGEDIN, I. Praticando o Desenvolvimento Sustentável. **Finanças & Desenvolvimento**. Washington, DC, World Bank. p. 6 – 10, 1993.

SILVA, C. L. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: um modelo analítico integrado e adaptativo**. Rio de Janeiro: Vozes, 2006.

SILVA, C. L.; MENDES, J. T. G. **Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

SIMON, J. L. **Ultimate Resource**. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1981. 415p.

SOLOW, R. La Economía de los Recursos o los Recursos de la Economía. **El Trimestre Económico**, v. 42, n. 166, p. 377-397, 1975.

SOUZA-LIMA, J. E. Economia Ambiental, ecológica e marxista versus recursos naturais. **Rev. FAE**, v. 7, n. 1, p.119-127, 2004.

THOMPSON, D. A.; MATTHEWS, R. W. CO<sup>2</sup> in trees and timber lowers greenhouse effect. **Forestry and British Timber**, 18, p. 19-22, 1989.

TURNER, R. K. Speculations on weak and strong sustainability. **CSERGE Global Environmental Change Working Paper**. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia and University College London, p. 92-96, 1992.

TURNER, R. K. The place of economic values in environmental valuation. In: BATEMAN, I. J., WILLIS, K. G. (Eds.). **Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU and Developing Countries**. Oxford: Oxford University Press, 1999. p. 17-41.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP); UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP); WORLD BANK; WORLD RESOURCES INSTITUTE. **World resources 2000-2001: people and ecosystems, the fraying web of life**. Elsevier Science. Amsterdam. 2000.

---

WEISBROD, B. A. Collective-Consumption Services of Individual-Consumption Goods. **The Quarterly Journal of Economics**. v. 78, p. 471-477, 1964.

WHITEMAN, A. Price-size curves for conifers. **Forestry Comission Research Information Note**, 192. Edinburgh: Forestry Commission, 1990.

YOUNG, M. D. **Sustainable Investment and Resource Use**. Carnforth, Lancs: Parthenon Publishing, 1992.