1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivações, objetivos e metodologia

Em nossos dias, a humanidade tem entre suas prioridades a adequada conservação e gestão do meio ambiente em geral, com especial destaque para o tratamento dado à natureza e seus recursos naturais. Igualmente, todas as nações esforçam-se por obter melhores níveis de vida para suas populações, o que exige padrões adequados de consumo e produção, os quais também comprometem os recursos naturais.

Um papel importante, no relativo às preocupações assinaladas, cabe aos cidadãos, instituições e governos em geral. Isto exige, no entanto, que se conheça adequadamente a natureza, suas particularidades e dimensões, no que diz respeito ao melhor uso presente e futuro de suas potencialidades, bem como os retornos a serem obtidos. Um bom conhecimento dos recursos naturais exige, entre outros aspectos, que se tenha informações precisas que permitam sua contabilização econômica, sua adequada avaliação quando considerados nos projetos de investimento e referências claras para uma política de gestão dos mesmos. Tudo isto adquire maior importância no caso dos países e localidades que têm em seus recursos naturais sua única ou principal fonte de riqueza potencial, e para os quais a gestão ótima significa um melhor grau de competitividade e, conseqüentemente, maiores retornos.

Desde os primórdios do pensamento econômico, os economistas dedicaram sua atenção à economia dos recursos naturais. Porém, estas referências são poucas e isoladas, pelo menos diante dos avanços alcançados nos outros campos do conhecimento econômico; não obstante, deve-se reconhecer que este panorama tem melhorado nos últimos 30 anos, possivelmente como conseqüência das preocupações com o meio ambiente.

Este trabalho tem como propósito inicial comprovar a existência, no pensamento econômico em geral, de conceitos e instrumentos apropriados para a avaliação econômica dos recursos naturais. Busca, igualmente, verificar de que forma a teoria econômica convencional (produção e consumo) visualiza a participação dos recursos naturais e, daí, deduzir corolários que possibilitem sua avaliação econômica. Mais ainda, o trabalho procura demonstrar que os recursos naturais têm valor e preço.

No que tange à metodologia, far-se-á, primeiramente, um levantamento da literatura econômica em geral, para extrair os conceitos apropriados sobre recursos naturais, valor, preço e renda, assim como sobre o estado das artes, para, com base neles, organizar o conteúdo do estudo em questão, de modo a permitir que os objetivos antes assinalados sejam atingidos. A seguir, se fará um percurso sobre os principais itens da teoria econômica (estática e dinâmica), analisando o enfoque dado, ou que se deveria dar, aos recursos naturais, e com base neles fazer propostas sobre o seu valor, preço e renda.

Finalmente, serão formalizados e/ou elaborados métodos gerais e específicos para avaliar economicamente os recursos naturais. Em princípio, a forma de dimensionar o valor, preço e renda dos recursos naturais não renováveis se sustentará na busca do maior retorno possível na exploração dos mesmos, aqui entendido no sentido de estes maiores retornos se transformem em novos capitais sociais, que venham a beneficiar o conjunto da coletividade. Paralelamente, e para o caso dos recursos renováveis, buscar-se-á conciliar os princípios do maior retorno com o retorno sustentável dos mesmos. Maiores particularidades acerca dos métodos gerais e específicos, assim como algumas aplicações práticas, serão detalhadas nos itens correspondentes.

1.2. Conceito e classificação dos recursos naturais

Para fundamentar adequadamente o trabalho a ser desenvolvido, assume-se que é importante, como primeiro passo, obter uma definição de recurso natural, a partir das definições já existentes na literatura e que seja mais adequada aos propósitos da tese.

Desde os primórdios da ciência econômica existem referências implícitas sobre a participação da natureza na economia; neste sentido, nos trabalhos de Petty, Quesnay e outros encontram-se referências deste tipo. [1] No entanto, é só com Say que a

[1] Segundo William Petty (1662, p. 54) "...o trabalho é o pai... da riqueza, como a terra é a mãe...". Conforme François Quesnay (1758, p. 257) "...A nação se reduz a três classes de cidadãos: a classe produtiva, a

natureza passa a ser tratada explicitamente como um “agente natural” da produção, em conjunto com o trabalho e o capital. [2]

A definição inicial, assim apresentada, era tão ampla e genérica que praticamente compreendia toda a natureza. Foi Malthus quem primeiro colocou a tese de que os recursos necessários para a sobrevivência humana eram limitados (1789, p. 282). Similarmente, Ricardo sustentou que a terra tem diferentes qualidades e que estas também são limitadas (1817, p. 66-7). Marshall concorda com Malthus, afirmando que a área da terra é fixa e que o homem nada pode fazer para aumentá-la. [3]

Sobre esse último enfoque, Smith e Mill assinalam que o progresso e os avanços tecnológicos criam demanda e acrescentam a produtividade dos recursos naturais, neutralizando, assim, as limitações que se impõem à natureza. [4]

Menger, sistematizando os conceitos e categorias econômicas, diz que se pode catalogar as coisas como bens quando elas são necessárias e estão disponíveis para o homem. Igualmente, ele classifica os bens em quatro ordens, de conformidade com seus diferentes graus de transformação e aptidão para o consumo humano; os recursos naturais encontram-se na base [4ª ordem]. O conjunto de todos os bens assim definidos e classificados formam o patrimônio individual ou coletivo, segundo o caso (1871, p. 244-80).

---

classe dos proprietários e a classe estéril. A classe produtiva é a que faz renascer, pelo cultivo do território, a riqueza da nação...”.

[2] Say, Jean-Baptiste (1803, p. 79) “...quando um campo é lavrado e semeado, além dos conhecimentos e do trabalho postos nessa operação, além dos valores já formados que são utilizados, ... existe um trabalho executado pelo solo, pelo ar, pela água e pelo sol, do qual o homem em nada participa e que contribui, no entanto, para a criação de um novo produto que será colhido no momento da colheita. É a esse trabalho que chamo de serviço produtivo dos agentes naturais.”

[3] Marshall, Alfred (1890, v. I, p. 139) “... A área da terra é fixa. ... O homem não tem poder sobre elas, escapam inteiramente à influência da procura; elas não têm custo de produção, não há preço de oferta ao qual possam ser produzidas.”

[4] Referências explícitas sobre esse aspecto podem ser encontradas em Adam Smith (1776, v. I, p. 175) e John Stuart Mill (1848, v. I, p. 166-70).

Marshall assume o conceito amplo e abrangente que os pré-clássicos e clássicos tinham dos recursos naturais, considerados como requisitos da produção, [5] adicionando-lhe algumas ressalvas como a produtividade marginal decrescente.

Judith Rees assinala que o conceito de recurso natural fundamenta-se na visão particular dos homens, que continuamente estão examinando seu meio ambiente físico para avaliar os elementos orgânicos e inorgânicos existentes e suas utilidades correspondentes. Para fazer este exame, diz ela, é preciso que exista uma arte ou tecnologia para sua extração ou transformação e uma demanda por estes materiais ou serviços produzidos. Dessa forma, nem todos os elementos da natureza são catalogados como recursos naturais; alguns deles, que não cumprem os requisitos assinalados, passam a ser "substâncias neutras" (Rees, 1985, p. 12-4).

Rees acrescenta que o universo dos bens catalogados como recursos naturais muda no tempo histórico, no espaço e até entre indivíduos e coletividades. Por exemplo, segundo a autora foram contados no paleolítico os elementos tipificados como recursos naturais (plantas, animais, água, lenha e pedra), no neolítico estes foram ampliados (solos de cultivos, metais) e assim por diante; a evolução da humanidade foi incorporando gradualmente novos elementos à categoria de recurso natural, porém pausadamente e com diferenças entre as regiões do mundo. A bauxita só passa a ser recurso quando se descobre o processo de refinação eletrolítica (1886) e, mais recentemente, o urânio, utilizado na produção da energia nuclear. As diferenças existentes entre indivíduos e grupos sociais estão na forma particular como cada um deles vê as coisas; por exemplo, a preservação de um pântano seria vital e muito importante para um ecologista, porém indiferente para um cidadão urbano desempregado ou até mesmo prejudicial para um agricultor das redondezas.

Com base em todos estes antecedentes, poder-se-ia, então, definir os recursos naturais como os elementos da natureza que em seu estado natural são

[5] Segundo Alfred Marshall (1890, v. I, p. 135) "... os agentes da produção classificam-se, comumente, em Terra, Trabalho e Capital. Por Terra entende-se a matéria e as forças que a Natureza oferece livremente para ajudar o homem, em terra e água, em ar e luz e calor..."

necessários para o homem e que tecnologicamente podem ser aproveitados; estes bens apresentam diferenças qualitativas e quantitativas, no tempo e no espaço.

No que diz respeito à classificação dos recursos naturais, Marshall foi quem primeiro fez distinções entre os recursos minerais, pedreiras e olarias [exauríveis], e a agricultura e a pesca [perenes], indicando que os primeiros são suscetíveis de se esgotar pelo uso, o contrário acontecendo com os últimos, desde que cuidados sejam tomados para guardar sua fertilidade. [6]

Gray (1913, p. 499-500) classifica os recursos naturais, considerando os problemas da conservação e exaustão desses recursos, no presente e no futuro, e em diferentes espaços. Sua classificação considera os seguintes níveis:

I Recursos cuja existência é abundante e que aparentemente não são necessários à economia, nem hoje, nem no futuro. Exemplo: água, em algumas localidades.

II Recursos que provavelmente cheguem a ser escassos num futuro remoto, embora hoje eles sejam tão abundantes, e que não chegam a ter valor de mercado. Exemplo: pedras e areia para construção, em algumas localidades.

III Recursos que hoje são escassos:

1. Que não esgotam em seu uso normal: força da água;
2. Que necessariamente se esgotam pelo seu uso e não há possibilidades de serem restaurados depois disto: depósitos de minerais;
3. Que necessariamente se esgotam pelo seu uso, porém são possíveis de restauração: florestais e pesca;
4. Exauríveis em uma dada localidade, porém restauráveis mediante o emprego de outros recursos de classe diferente [adubos] de recursos similares ou em localidades diferentes: terra agrícola.

[6] Marshall, Alfred (1890, v. I, p. 155) "... a oferta dos produtos da agricultura e da pesca é uma corrente perene; as minas são como que reservatórios da natureza. Quanto mais rápido um reservatório se exaure maior o trabalho de esvaziá-lo; mas se um homem o esgotasse em dez dias, dez homens o fariam em um dia e uma vez esgotado, nada mais dará...". Sobre esta última parte da citação, Gray (1914, p. 473) entende que Marshall nega a existência da produtividade marginal decrescente na mineração; no entanto, Gray insiste que a produtividade marginal decrescente dá-se tanto na mineração como na agricultura.

Ciriacy-Wantrup rejeita a classificação dos recursos naturais em “exauríveis” e “inexauríveis” porque, diz ele, muitos recursos definidos como exauríveis podem parar de ser explorados, mesmo ainda restando reservas deles. Isto porque, por problemas técnicos ou de custos, já não é viável sua exploração ou também porque alguns destes recursos, especialmente aqueles de grandes reservas, são explorados tão lentamente que passam a se confundir com os inexauríveis. Em vista disto, Ciriacy-Wantrup propõe classificar os recursos naturais em “renováveis” e “irrenováveis”, sendo que no caso dos primeiros seus estoques e/ou fluxos são constantes, e no caso dos segundos não existem condições para que estes estoques aumentem. O autor subdivide sua classificação levando em conta a participação humana ou não neste processo (1952, p. 37-47). Uma interpretação desta classificação encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos recursos naturais segundo Ciriacy-Wantrup

Tipo / **Detalhe**	RENOVÁVEIS ou FLUENTES (seu estoque ou fluxo é, ou pode ser constante)		IRRENOVÁVEIS ou FIXOS (seu estoque ou fluxo não pode aumentar)	
Característica	Sua fluência depende do uso humano e existe uma “zona crítica”* para renovar o estoque.	Sua fluência independe do uso humano e não existe “zona crítica”* de renovação natural.	Seu esgotamento depende somente do uso humano	Seu esgotamento depende do uso humano e do tempo
Classe	água doce (superficial e subterrânea) animais plantas cenários naturais solo agrícola	radiação solar marés ventos	minerais carvão pedras argilas	metais oxidantes petróleo, gás nutrientes orgânicos materiais radiativos

* A zona crítica é um limite mínimo do tamanho ou das condições do recurso, abaixo do qual não se pode esperar que este se recupere naturalmente, podendo chegar à extinção ou perder-se totalmente.

Georgescu-Roegen, analisando os conceitos utilizados para descrever o processo da produção, critica e levanta dúvidas sobre a classificação tradicional, em esquemas insumo-produto ou estoque-fluxo, porque, entre outras razões, ambos os modelos não consideram adequadamente o ***quantum*** e a qualidade dos recursos trabalho, capital e natureza, por exemplo. Neste sentido, ele propõe que os fatores produtivos sejam classificados em fundos (de serviços) e fluxos (Georgescu-Roegen, 1971, p. 215-34):

$$Q = f\,[\underbrace{R, I, M, W}_{\text{fluxos}} ; \underbrace{L, K, H}_{\text{fundos}}]$$

onde:

Q = Produção

L = Terra ricardiana, água para criação de peixes

K = Capital

H = Força do trabalho

R = Recursos naturais, como a energia solar, clima, ar, solo, carvão

I = Insumos ou matérias-primas que são transformados no processo de produção

M = Materiais para a manutenção dos equipamentos, como óleo lubrificante, pintura, peças

W = Materiais residuais (lixo)

Os ***fundos*** seriam os fatores ou "agentes" clássicos da produção que entram e saem do processo da produção com sua eficiência íntegra. Os ***fluxos*** seriam os insumos e produtos do processo da produção, que sofrem mudanças neste processo.

Vê-se, nesta classificação, que os recursos naturais, entendidos como dádivas da natureza, são ao mesmo tempo fundos (L) e fluxos (R).

Judith Rees concorda, em princípio, com a classificação de Ciriacy-Wantrup (renováveis e não renováveis), porém introduz os critérios de "recuperáveis" e "recicláveis" para o caso dos não renováveis ou estoques (1985, p. 14-7), como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação dos recursos naturais segundo Judith Rees

Tipo / **Detalhe**	FLUXOS (Renováveis)		ESTOQUES (Não Renováveis)		
Característica	Exigem uma "zona crítica" para renovar-se	Sem "zona crítica"	Consumidos pelo uso	Tecnicamente recuperáveis (seu estoque é fixo)	Recicláveis (estoque afetado pela entropia e custo)
Classe	pesca florestas animais solo agrícola água de aquíferos	energia solar marés vento ondas água em geral ar	petróleo gás carvão	ouro, prata potassa não-metálicos em geral	metálicos em geral

Com base nestas referências, e para os fins deste trabalho, será utilizada a classificação dos recursos naturais em “renováveis” e “não renováveis”.

Recursos renováveis, seriam aqueles bens da natureza que podem ser submetidos a um uso contínuo durante longos períodos de tempo sem que seus estoques percam quantidade ou qualidade, nem tampouco sua capacidade para se regenerar naturalmente, desde que sejam explorados de modo adequado. Entre eles encontram-se: o solo agrícola, a água doce, os pastos naturais, as florestas, a pesca etc.

Recursos não renováveis seriam os bens da natureza cujos estoques não se podem regenerar naturalmente e que se esgotam a uma velocidade que depende do grau de sua exploração e das leis da entropia. Entre eles estão: os recursos minerais (metálicos e não-metálicos), os recursos energéticos (petróleo, carvão e gás natural) etc.

Cabe, neste instante, alertar o leitor que nas reflexões apresentadas no Capítulo 2, sobre o valor e o preço dos bens, o conceito de recurso natural que acabamos de colocar sofrerá uma limitação adicional, uma vez que não serão considerados recursos naturais aqueles bens “sem zona crítica”, como o ar, a luz solar, os ventos etc.

1.3. Revisão da literatura

O reconhecimento do pensamento econômico acerca das contribuições da natureza para a formação da riqueza é muito antigo, embora não tenha atingido o grau de desenvolvimento dos outros campos da economia. Já desde Sócrates e Xenofonte era aceito que quando a agricultura prosperava todas as outras atividades floresciam com ela. Vimos também, no item anterior, referências bastante semelhante externadas por pré-clássicos como William Petty (1662) e François Quesnay (1758).

Com o posterior surgimento dos economistas clássicos e neoclássicos, para os quais o valor não é mais que o resultado do valor-trabalho ou das preferências subjetivas dos indivíduos, respectivamente, o tratamento explícito dos recursos naturais, como fonte de valor e preço, foi deixado de lado, o que explicaria a relativamente pouca literatura existente a respeito.

A carência e as dificuldades da literatura a respeito do tema são comprovadas por notáveis economistas, como Solow, [7] Randall [8] e Naredo; [9] no entanto, nos últimos 30 anos, os trabalhos neste campo tiveram um incremento muito grande, seguramente pelas preocupações com o meio ambiente e pelo temor quanto à escassez crescente dos recursos naturais.

A primeira referência explícita que se conhece sobre a participação da natureza na geração de valor, renda e preço (não tanto na produção que, como visto no item anterior, é amplamente reconhecido) é a de Marshall (1879) que, já em seu tempo, questionou a validade do sistema de contabilidade da Inglaterra, que não considerava, de forma alguma, as dádivas da natureza — como a água dos rios e mares, o clima, que servem efetivamente para o consumo doméstico, para o transporte, para gerar energia e para a saúde, em geral — e sua influência nos níveis de desenvolvimento histórico dos povos.

Gray (1913), num artigo sobre a conservação dos recursos naturais, indica que o grau de uso destes recursos depende da taxa de juros do mercado, da produtividade marginal decrescente e do valor final dos recursos no mercado. Sobre os juros, afirma que quanto mais elevados são estes, maior o interesse por ter os recursos como bens líquidos hoje, e menor por postergar seu uso para o futuro, e vice-versa. Sobre o valor do mercado, assevera que quanto maior este, maior o interesse em explorar as atuais fontes e também em incorporar novas unidades, e vice-versa. Segundo ainda o autor, este valor de mercado é função de uma oferta fixa e uma “demanda social”. Na demanda social, leva em conta tanto a própria demanda por bens originários dos recursos naturais, como das condições do processo produtivo, que considera um trabalho vivo (número de trabalhadores, duração dos processos, eficiência etc.), assim como um

---

[7] Solow, Robert (1974, p. 378) “... a literatura sobre os recursos naturais não renováveis não é muito extensa...”

[8] Randall, Alan (1987, p. 28) “...infelizmente, as rendas de recursos podem ser raramente observadas diretamente e, em realidade, não se tem conhecimento de séries estatísticas sobre isto...”

[9] Naredo, José Manuel (1987, p. 67) “Temos que ressaltar as dificuldades que enfrenta o aparelho conceitual da teoria econômica para tratar dos problemas fundamentais que apresentam os recursos naturais e o meio ambiente...”

trabalho morto (máquinas e equipamentos). Num artigo subseqüente, quando trata sobre o carvão (1914), ele mostra, numericamente, que o valor dos recursos deriva do fato de se considerar um horizonte produtivo, no qual o valor atual, descontado de todos os ganhos futuros, deve ser levado em conta, cuidando-se de maximizar o lucro líquido médio em cada cenário (ou minimizar o custo médio), e não a tradicional abordagem de igualar o custo marginal e o preço.

Ise (1925) indica que o valor e preço dos recursos naturais devem corresponder aos preços de seus substitutos mais imediatos. Neste sentido, o preço do petróleo, da madeira e de outros materiais devem ser mais altos que os prevalecentes em sua época; dessa forma, diz ele, assegurar-se-ia a conservação e o seu melhor uso.

Hotelling (1931), num artigo sobre a economia dinâmica dos recursos naturais não renováveis, demonstra sua preocupação pela exaustão destes e os prejuízos para as gerações futuras. Num cenário de economia concorrencial, e com base em hipóteses de que todo dono de recursos deve maximizar seu valor presente de suas futuras receitas, e sendo que para ele é indiferente um determinado preço líquido (preço de mercado menos custos de extração) hoje (P_0) diante de outro equivalente no futuro ($P_0.e^{r.t}$), Hotelling deduz que em face de altas taxas de produção, hoje, lhe correspondem menores preços líquidos e um menor período de vida das reservas e vice-versa; que neste cenário existe uma data T de esgotamento total dos recursos; que um valor social dos recursos exige a atenção a esta norma $P_t=P_0.e^{r.t}$ (Regra de Hotelling: o preço líquido de um recurso não renovável deve crescer a uma taxa equivalente à taxa de juros do mercado), na qual r pode ser menor ou maior, conforme a maior ou menor disponibilidade da economia, além de se esperar a intervenção do governo (tributação, taxa de juros) para regular o uso destes bens. Em situação de monopólio, desde que os preços de mercado são maiores e as quantidades produzidas menores, o esgotamento dos recursos seria mais demorado, de forma quase assintótica. Além disso, Hotelling mostra que o nível dos lucros depende tanto do nível da produção atual como das reservas que ainda ficam no campo. Assim, quanto maior a extração, maiores os custos incorridos para extrair e vice-versa; maior extração significa maior oferta destes bens e, portanto, menor preço de mercado.

Keynes (1935) introduz o conceito de “custo de uso”, e o aplica, entre outros, aos recursos naturais (cobre, por exemplo); tal custo seria igual à diferença entre o valor futuro provável e o valor presente de venda destes estoques, deduzidos o custo de juros e

o custo suplementar (obsolescência). O “custo de uso atual”, diz Keynes, “é igual ao máximo dos valores descontados dos rendimentos potenciais esperados em todas as datas futuras...”. À medida que o excedente (reserva de recursos) diminui, o custo de uso eleva-se e o preço de oferta de qualquer ativo deve ser igual “à soma do custo marginal de fatores e do custo marginal de uso”.

Kapp (1950) foi o primeiro a apresentar um estudo sobre os problemas ocasionados no meio ambiente pela produção (contaminação e deterioração dos recursos naturais), inclusive com dados quantitativos, colocando em dúvida a racionalidade da economia concorrencial e da teoria econômica. Posteriormente, o mesmo Kapp (1971a), numa reunião patrocinada pela OCDE, denunciou a inoperância da teoria econômica para explicar e elaborar propostas sobre os problemas do meio ambiente. Esta tese foi contestada, dentre outros, por Beckerman (1971) que, não obstante concordar parcialmente com a crítica de Kapp, assume que isto é uma tarefa a ser enfrentada pela teoria econômica. O mesmo autor (Kapp, 1971b), numa réplica a Beckerman, insiste na sua tese anterior, estendendo-a à necessidade de reformular a teoria econômica, e cuidando de reelaborá-la com base nas necessidades humanas e nos fatos e evidências empíricas.

Ciriacy-Wantrup (1952) trata da conservação dos recursos naturais; sobre o valor e o preço dos mesmos, aconselha o “método do ensaio e erro”, isto é, uma entidade superior ajustaria periodicamente estes preços, visando atender tanto à demanda como sua conservação adequada.

Scott (1953) por sua vez, fez uma revisão e uma interpretação do conceito de “custo de uso” keynesiano: “...o custo de uso é um conceito amplamente conhecido, pouco entendido e quase nunca usado...”. Entende que o “custo de uso” é uma variável do conceito de “custo de oportunidade” aplicado aos bens tangíveis que, nas decisões de produção, é considerado implicitamente. A curva do custo de uso, entendido como o valor atual líquido do capital que é sacrificado, é convexa, ao contrário da curva da receita líquida, que é côncava; o ótimo dar-se-ia na interseção do “custo de uso marginal” e “receita líquida marginal”, que assegura uma receita total maior que o custo de uso total. O mesmo autor (Scott, 1955), num trabalho sobre pesca, diz que se o volume da extração atual não afeta a capacidade de a biomassa de render iguais volumes no futuro, então o custo de uso é zero; igualmente, quanto mais alta a taxa de desconto menor será a receita futura atualizada e menor, também, será o custo de uso.

Barnett e Morse (1963) pesquisaram a disponibilidade dos recursos naturais nos Estados Unidos, para o período compreendido entre os anos de 1870 e 1957 e verificaram que, em geral, os custos e os preços dos produtos derivados das atividades extrativas tiveram quedas substanciais nesse período, exceto na pesca e na exploração florestal. Isso, aparentemente, provaria que não é certa a hipótese da escassez crescente dos recursos naturais, como temia Hotelling; no entanto, uma crítica que eles mesmos aceitam é de que as grandes importações (minérios) diminuem a pressão sobre a oferta interna, evitando assim, os acréscimos em custos e preços; ademais, a análise é feita só para os Estados Unidos e não para o mundo todo, o que seria desejável, e não contém um balanço oferta-demanda projetado para cada um dos recursos.

Gordon (1967) sintetiza e simplifica o modelo de Hotelling, mostrando que uma firma que opera com recursos não renováveis tem que considerar o comportamento da demanda hoje e amanhã e regular sua produção, buscando maximizar a renda da escassez. Essa renda da escassez ("custo de uso") é igual ao sacrifício da receita futura, quando se decide explorá-lo hoje. Se os acréscimos previstos da renda da escassez são maiores que a taxa de juros, a firma deveria protelar o início da extração e vice-versa.

Peterson e Fisher (1977) sistematizam e sintetizam toda a literatura sobre os recursos naturais existentes até aquela data, considerando suas dimensões de renováveis e não renováveis, assim como os aspectos de produção, propriedade, monopólio, incerteza, reciclagem, bem-estar intergeracional etc. O valor e o preço dos recursos naturais são deduzidos de um modelo dinâmico de produção, assumindo uma economia competitiva, em que os donos dos recursos buscam maximizar seu valor líquido presente (VAL), ao longo do período de tempo. No caso dos recursos renováveis (por exemplo, pesca) tem-se:

$$\text{Max. VAL} = \int_0^{\alpha} \left[Pf(E,X,t) - WE \right] . e^{-r.t} dt$$

$$\text{sujeito a: } \frac{dX}{dt} = g(X) - f(E,X,t)$$

Para obter o valor máximo utiliza-se um conceito equivalente aos multiplicadores de Lagrange, chamado Hamiltoniano (H):

$$H = \{ Pf(E,X,t) - WE + q. \left[g(X) - f(E,X,t) \right] \} e^{-rt}$$

onde:

P = preço do recurso no mercado

E = esforço realizado para extrair os recursos, em capital, trabalho e insumos

X = tamanho do recurso (biomassa)

t = tempo

W = salários e outros custos de produção

f = coeficiente da função de produção (multiplicativo)

q = custo de uso marginal ou “preço sombra” dos recursos, *in situ*

g = coeficiente de crescimento natural da espécie

Para o caso dos recursos não renováveis (minas), utiliza-se o mesmo modelo, com a diferença de já não considerar o coeficiente g(X) de regeneração natural. No valor de q, estaria refletido como o montante do VAL diminui (ou aumenta) quando uma unidade do recurso é extraído (ou se regenera ou é reposto); ele é um custo de depreciação endógeno, em oposição aos tipos exógenos, que tratam somente do passar do tempo; o valor de q, muitas vezes, não pode ser observado diretamente, porém pode ser imputado com base nos preços presentes e futuros, da tecnologia e da massa de recursos existentes; seu valor deve ser determinado pelo fluxo de caixa das receitas e despesas a serem enfrentadas. Peterson e Fisher aceitam que o custo de uso mede as expectativas dos preços no futuro. No entanto, como não é observável e não é considerado pelos empresários, ele não seria uma medida adequada da escassez — a diferença dos preços de mercado. Porém estes últimos têm também suas desvantagens, como a de incluir as rendas de monopólio e componentes especulativos voláteis. Peterson e Fisher se somam à tese de que não existe o perigo da exaustão dos recursos naturais na economia, pelo contrário, afirmam eles que os recursos naturais seriam cada vez menos escassos.

Meadows e sua equipe do MIT escreveram um relatório para o Clube de Roma, em 1972, comparando os acréscimos da população com as disponibilidades dos recursos naturais em nível mundial e concluem que estes últimos estariam esgotados entre o fim deste milênio e o começo do próximo, especificamente entre os anos 2000 e 2050. Esses resultados contradizem as conclusões de Barnett e Morse. No entanto, Kay & Mirrlees (1975, p. 140-51) declaram que o trabalho da equipe de Meadows não tem sustentação teórica e empírica e, como tal, o modelo e suas projeções não têm nenhum valor. Brown (1994, p. 82) junta-se a estas críticas, afirmando que o conceito de reservas minerais não deveria ser tomado como algo fixo, porquanto elas variam continuamente (em função dos preços, tecnologia e até do ambiente político) e que existem grandes

imprecisões na compilação de dados acerca das reservas existentes, parcialmente causados por segredos corporativos e nacionais.

Solow (1974), baseando-se no trabalho de Hotelling, faz uma brilhante interpretação deste e faz significativos acréscimos. Reitera que o valor dos recursos não renováveis (valor líquido = valor da venda - custo de extração) depende das perspectivas de sua exploração e venda no futuro; diz, igualmente, que estes recursos são iguais a qualquer outro ativo da economia, e que em equilíbrio ele lhe deve outorgar ao seu proprietário um mesmo nível de rentabilidade, neste caso igual à taxa de juros do mercado; isto porque se os acréscimos previstos no valor líquido dos recursos (renda de escassez) for inferior à taxa de juros do mercado, ninguém se interessará por conservar estes depósitos no campo, aumentando, assim, sua extração e encurtando o tempo limite de sua exaustão, o contrário ocorrendo, se os acréscimos previstos no valor líquido forem superiores à taxa de juros de mercado. A curto e médio prazos pode estar acontecendo de o preço de mercado ser decrescente e a renda da escassez crescente, explicado apenas pelo fato de que os custos marginais são decrescentes (pelos avanços tecnológicos), embora, a longo prazo, quando a renda da escassez passa a ser significativa, o preço de mercado possa começar a aumentar até que a quantidade demandada seja reduzida quase a zero. Existem limites superiores a estes aumentos, dados pelos preços dos substitutos mais imediatos. Solow também reforça a importância de se definir uma adequada taxa de desconto, que pode ser tanto a “taxa de juros do mercado” como a “taxa social de preferência intertemporal”; ele 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.

Georgescu-Roegen (1975) mostra sua discordância com a concepção mecânica dos economistas clássicos e neoclássicos, 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, que é definido como entropia. Nesse sentido, ele se soma à tese do esgotamento dos recursos naturais. Posteriormente, o mesmo Georgescu (1983) rejeita a tese de que os preços devem ser proporcionais às energias incorporadas nos bens, visto que todo processo material não somente se compõe de fluxos como também dos fundos (agentes).

Pearce (1976) desenvolve, entre outros, o tema dos recursos não renováveis, seguindo as diretrizes de Hotelling e Solow. Num ambiente de economia concorrencial, em que se busque otimizar o nível da extração dos recursos ao longo do tempo, o produtor deve buscar maximizar o valor atual de seus lucros futuros e, em equilíbrio, isto significa que todos estes lucros devem ser iguais em valores, descontados ao longo do tempo (se assim não fosse, o produtor se veria tentado a fazer mudanças nas quantidades extraídas, buscando acrescentar seus lucros); com custos constantes, os preços de mercado devem crescer à mesma taxa de juros, e com custos não constantes, são os lucros os que devem crescer à taxa de juros. O mesmo Pearce (1987), ante a tradição de usar o "custo de oportunidade" como referência mínima de valor dos recursos naturais, coloca seu conceito de "custo marginal de oportunidade", no qual considera tanto o custo de extração mais o "custo de uso" (custo de uma unidade consumida hoje e que se poderia usar no futuro) quanto os "custos externos" (erosão etc.). Mais recentemente, Pearce e Turner (1990) apresentaram um tratado sobre a economia dos recursos naturais e o meio ambiente, considerando todos os avanços existentes sobre estes temas.

Lecomber (1979), num livro sobre a economia dos recursos naturais, formaliza os avanços existentes até aquele ano, especialmente sobre disponibilidades, uso ótimo e políticas para os recursos renováveis (pesca), e não renováveis (mineração e energia).

Fisher (1981) discorre sobre os recursos renováveis e os recursos não renováveis. Sobre estes últimos, considera que seu valor deve levar em conta o fato que os mesmos são limitados e não reproduzíveis; nesse sentido, cada unidade consumida implica um "custo de oportunidade" pela sua perda de consumo no futuro. Este custo de oportunidade também é conhecido como "custo de uso", "royalty", "renda", "preço líquido" ou "lucro líquido". Este mesmo custo de oportunidade deve ser tomado em conta quando se trata de alocar o seu uso ao longo do tempo; em particular, em vez de se considerar a tradicional condição preço = custo marginal, deve-se levar em conta que preço = custo marginal + custo de oportunidade (λ). Se o custo marginal é constante ao longo do tempo, também λ deve se manter constante, desde que devidamente descontado ($\lambda_0 = \frac{\lambda_1}{1+r}$), e também que a taxa de crescimento de λ guarda certa proporção com a evolução da taxa de juros ($\dot{\lambda} = 1+r$). Considera, ademais, que os preços destes bens têm um limite

superior, igual à fonte alternativa mais próxima. Sobre os recursos renováveis, Fisher segue quase o mesmo raciocínio de Peterson e Fisher (1977).

Gligo (1986) apresenta um esquema de contabilidade do patrimônio natural, que considera a existência, acréscimos, usos e deterioração dos recursos, utilizando critérios multidimensionais (ecológico, econômico e sóciocultural), e no qual efetua a contabilização monetária, quando é possível, com base na quantificação dos recursos a serem explorados adequadamente. O mesmo Gligo (1990) reitera que a avaliação econômica poderia ser limitada e complementar, já que "... não existe em todo o pensamento econômico nenhuma tese em que o valor ou substância do valor de troca meça as qualidades do valor de uso das mercadorias..."; mesmo assim, cita três experiências concretas de avaliação econômica dos recursos naturais: 1) o caso da Argentina, em que, por intermédio dos "preços sombra", são englobados os preços de mercado e os custos adicionais (ecológicos, sociais etc.); 2) o caso de Magalhães, Chile, em que se consideram comparações benefício / custo da exploração dos recursos naturais a curto prazo (sem considerar os custos ecológicos) e do longo prazo (considerando os ganhos e perdas ecológicos); e, 3) o caso do corredor Chichinantizn, México, para a qual se estima sua renda econômica 1970-2000, com e sem considerações dos custos ecológicos respectivos. O autor mostra ainda as limitações metodológicas para sustentar os custos ecológicos nestes três casos.

Common (1988) exercita o uso da teoria dinâmica da otimização dos recursos naturais, utilizando exemplos e matemáticas elementares, para assim explicar a formação dos preços, da "renda de escassez" ou "preço sombra" e a otimização das quantidades a se extrair, nos cenários de economia concorrencial e monopolizado.

Ahmad, El-Serafy e Lutz (1989) compilam uma série de alternativas de como atribuir valor aos recursos naturais, porém não fornecem detalhes sobre seus respectivos fundamentos teóricos, com exceção do artigo de El-Serafy (1989), onde o autor propõe um novo conceito de "custo de uso", no qual enfatiza que os recursos naturais são bens de capital e como tal sua exploração e venda não deveriam ser contabilizadas como renda, tal como hoje se faz, seguindo as orientações dos sistemas de contas nacionais padrão (SCN). Como alternativa, ele postula um novo conceito de "custo de uso", que representa o desgaste do capital natural; quer dizer, a diferença entre a renda líquida (R) e uma renda hipotética chamada verdadeira (X), seria o "custo de uso"; mais ainda, o valor capitalizado deste fluxo do custo de uso (R - X), no período previsto para esgotar o

recurso natural em análise, deve gerar um fluxo da renda "verdadeira" (X) — a perpetuidade — para assim assegurar o bem-estar das gerações futuras.

Igualando a somatória descontada destes dois fluxos, ele encontra a seguinte relação:

$$X = R.\left[1 - \frac{1}{(1+r)^{n+1}}\right]. \textit{ Logo: } \frac{X}{R} = 1 - \frac{1}{(1+r)^{n+1}}.$$

Para saber que parte da renda líquida é constituída pela renda "verdadeira" (X / R) basta conhecer o período previsto do esgotamento do recurso e a taxa de desconto. El-Serafy supõe que o "custo de uso" assim determinado não deveria formar parte do PIB, e indica ao mesmo tempo que ele é meramente referencial (metafórico), renunciando a fundamentar uma política de impostos, como parecia ser a sua intenção inicial.

Desaigues e Point (1990a) fazem um survey sobre os métodos para avaliar economicamente o meio ambiente e os ativos naturais, utilizando os conceitos de excedente do consumidor, excedente do produtor, preços imputados e custo de oportunidade. Assim, os ganhos ou perdas do excedente do consumidor servem, fundamentalmente, para avaliar o meio ambiente. Estes métodos são: hedonístico (características diferentes significam preços diferentes), custo de viagem (diferenças nos custos de acesso), contingente (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: mudanças na renda líquida (renda adicional de um maior uso de um ativo), renda ricardiana (exploração adicional, hoje, que significa custos crescentes no futuro), valor da irreversibilidade (esgotamento — usos potenciais no futuro). No caso dos preços imputados, que mormente se aplicam aos ativos naturais, tem-se: preços administrativos (aqueles cobrados pelos governos), preços de mercado (madeira, água, exploração de minerais, direitos para poluir), produtividade marginal (preço do bem final vezes a produtividade marginal do ativo), valor residual (do valor total deduz-se a remuneração dos outros). No caso do custo de oportunidade, tem-se: a renda malthusiana ou o custo de uso (otimização da produção ao longo do tempo), usos alternativos dos ativos (igualar a disposição a pagar). Os autores concluem este survey

assinalando que a avaliação econômica do meio ambiente e os ativos naturais, hoje em dia, “vêm a ser uma arte praticável”.

Farzin (1990) revisa as diferentes colocações sobre o comportamento da “renda da escassez” ao longo do tempo; ele é monotonicamente crescente, decrescente? O autor conclui que numa economia concorrencial esta curva é não monotônica, e, por isso, impede a realização de projeções fáceis. E acrescenta que a realização para se fazer estas projeções ainda “... é uma questão para futuras pesquisas...”.

Hayden (1991), trabalhando com os ecossistemas e os recursos naturais, acredita que o mercado falha na alocação de preços justos para evitar a deterioração originada da produção e do consumo. Propõe o método do “custo de restauração”, que deixaria os ecossistemas e os recursos como estavam no começo, como a melhor referência para determinar preços.

Munasinghe e Lutz (1991), como funcionários do Banco Mundial, dão a conhecer uma série de métodos para avaliar os recursos ambientais. Entre os métodos diretos, citam aqueles derivados dos acréscimos ou decréscimos na produção por ações em favor ou contra o meio ambiente, perdas e ganhos (por má saúde, por exemplo) e maiores gastos em defensivos. Entre os indiretos, citam as mudanças no valor das propriedades (hedonístico), maiores custos por salários diferenciados e maiores custos de viagem. Entre os derivados da disposição a pagar estão o custo de restauração e a avaliação contingente.

Cairns (1994) coloca em dúvida grande parte da tese de Hotelling, no sentido de que as evidências empíricas entrariam em contradição com as previsões da tese de Hotelling, especialmente porque os avanços tecnológicos provocariam substanciais reduções nos custos (Barnett e Morse) e incorporam novos substitutos (cobre, fibra óptica), neutralizando, dessa forma, o fantasma da escassez. Assim sendo, ele recomenda considerar a heterogeneidade dos recursos, o tamanho dos investimentos e a assimetria nas informações como os fatores atuantes nos preços e na extração dos recursos naturais não renováveis. Concorda com Ricardo na parte referente à existência de uma renda diferencial, e com Gray, no sentido de uma análise micro dos depósitos de minérios, e da referência sobre uma política tributária para o melhor uso destes recursos.

No caso particular do Brasil, desde o início desta década já se registram pesquisas nesta área.

Mueller (1991) analisa as possibilidades da contabilização do meio ambiente do Brasil e, entre elas, de como avaliar o patrimônio natural; entre as alternativas que cita acerca do custo de depreciação ou recuperação ou restauração e o custo de uso, ele mostra sua preferência por este último. No caso da depreciação, esta só afetaria o produto líquido (exageradamente) e não o produto global. O custo de uso recomendado é aquele desenvolvido por El-Serafy.

Motta e Young (1991) aplicam ao Brasil o conceito de "custo de uso" de El-Serafy. Trabalhando com oito produtos (minérios e derivados de petróleo), para o período 1970-1980, estimam a "renda verdadeira" ou, como eles a chamam, "renda sustentável". Esta renda sustentável é ligeiramente inferior à renda convencional, e os custos de uso resultantes (diferença entre a renda convencional e a renda sustentável) observam um comportamento ilógico ao longo do tempo; no período 1970-1974 este custo de uso é fortemente crescente (com taxas muito superiores às observadas pela renda convencional), enquanto que no período 1975-1979 ele é fortemente decrescente, mesmo que a renda convencional continue crescente.

Motta e May (1992) adaptam a metodologia do "custo de uso" de El-Serafy para o caso das florestas no Brasil. De maneira semelhante ao caso dos minerais citados acima, o custo de uso resultante para o período 1971-1980 mostra altas taxas de crescimento, embora a taxa do produto agrícola seja pequena (Tabela 7) e que o preço FOB dos troncos, no período 1976-1980, seja inferior àquele atingido no ano 1975 (Tabela 4).

Motta (1992) faz um resumo do conceito de "custo de uso" de Hotelling e Keynes, e da "renda diferencial" de Ricardo, mostrando as dificuldades de sua mensuração (especialmente pelas dificuldades de se conhecer o custo marginal) e de como El-Serafy consegue contornar esta restrição utilizando o conceito de renda verdadeira (de Hicks).

Motta (1993) faz um balanço entre as teses daqueles que pensam que os avanços tecnológicos permitirão superar os problemas da escassez dos recursos naturais (Solow, "Fraca Sustentabilidade") e aqueles que não ("Forte Sustentabilidade"). Em seguida, aplica o "método da depreciação" (Variação da quantidade dos recursos físicos vezes seu preço líquido no mercado, livre dos custos de extração) e o "método de custo de uso" de El-Serafy, para os casos da mineração, florestas e recursos hídricos do Brasil, concluindo que o primeiro método não é aconselhável, porque no caso de ocorrerem

novas descobertas a renda sustentável seria superior à renda convencional e também porque se, por alguma razão, os preços líquidos baixarem, a renda sustentável seria superior à renda convencional. Por último afirma que o método de Hotelling, cujo valor reflete o preço líquido do recurso no futuro, seria equivalente ao método da depreciação.

Depois desta revisão da literatura econômica existente, da qual foram omitidos aqueles itens cujo fim principal não era a avaliação econômica dos recursos naturais ou cuja abordagem era parcial, é possível concluir que:

a) A maioria das pesquisas e propostas surge nos últimos 30 anos, como resultado das preocupações com o meio ambiente e em menor medida, pela escassez dos recursos naturais. Poder-se-ia afirmar então, e principalmente, que são as preocupações com o meio ambiente que levam os pesquisadores a tratar destes assuntos;

b) Algumas propostas surgem como reflexões subjetivas diante dos problemas concretos (Marshall, Ise, Ciriacy-Wantrup, Kapp etc.) e que outros são trabalhos de um alto refinamento analítico (Hotelling, Keynes, Scott, Barnett e Morse, Peterson e Fisher, Pearce etc.);

c) A forma de avaliar os recursos naturais varia desde os que se baseiam na economia dinâmica (Hotelling, Keynes, Scott, Solow etc.), para os quais o valor dos recursos está dado, fundamentalmente, pelas suas possibilidades de ganhos futuros, expresso nos conceitos equivalentes de “preço líquido”, “custo de uso”, “renda da escassez”, “preço sombra”, e todos eles equivalentes entre si, até os que se baseiam numa análise estática (Ise, Munasingue e Lutz) e também em métodos mistos, que buscam determinar a “verdadeira renda sustentável” e, por diferença, o valor dos recursos naturais utilizados, ou “custo de uso” (El Serafy, Mueller, Motta, Young). Este último método que está sendo aplicado no Brasil, mostra elevados níveis nos custos de uso e um comportamento errático destes, ao longo do tempo.

d) Alguns dos trabalhos sumariados mostram que, de um modo geral, os recursos naturais são relativamente abundantes, ou que os avanços tecnológicos conseguirão superar estas restrições (Barnett e Morse, Cairns); outros, pelo contrário, afirmam que os recursos naturais são escassos ou existem tendências para uma crescente escassez destes (Meadows, Georgescu-Roegen).

e) Embora todos os trabalhos revisados versem sobre a economia dos recursos naturais, não existe neles um tratamento específico e sistemático sobre como estimar o valor e preço dos mesmos. Particularmente, falta uma abordagem da teoria econômica de suporte e os métodos específicos para se fazer estes cálculos.