

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

---

Avaliação Econômica dos Recursos Naturais

---

*PEDRO HUBERTUS VIVAS AGÜERO*

SÃO PAULO

— 1996 —

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

---

## **Avaliação Econômica dos Recursos Naturais**

---

**Pedro Hubertus Vivas Agüero**

**Orientador: Dr. Juan Hersztajn Moldau**

**Tese apresentada à Faculdade de Economia,  
Administração e Contabilidade da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do título de Doutor em  
Economia.**

**SÃO PAULO**

**— 1996 —**

*Para Luz Yolanda, minha esposa, e para Luz Maria e Paula Fabiola, minhas filhas, como uma retribuição simbólica por todos os sacrifícios e privações que lhes causei ao longo dos últimos anos.*

## AGRADECIMENTOS

Devo uma especial menção e deixo aqui expresso o meu profundo reconhecimento, primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. Juan Hersztajn Moldau, pelo irrestrito apoio e constante incentivo, que tanto me ajudaram nesta etapa de minha vida. Não poderia deixar de mencionar que a minha gratidão ao Dr. Hersztajn Moldau é, nesse instante, redobrada, vez que, anteriormente, por ocasião de meu mestrado, também tive a sorte e o privilégio de me beneficiar do saber e da incontestada qualidade profissional do dedicado Mestre.

Estendo, ainda, os meus agradecimentos:

À Coordenadoria de Cursos do IPE-FEA-USP, pelo suporte e estímulo prestados ao longo de toda a minha permanência nesta casa de estudos. Meu preito especial à Profa. Dra. Elizabeth M. M. Q. Farina, pela fé e pela confiança em mim depositadas.

À CAPES — Comissão de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior — pela inestimável oportunidade oferecida, ao me conceder uma bolsa para a realização de meus estudos de doutorado.

À Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação — Professores: Antonio Evaldo Comune, Luiz Augusto de Queiroz Ablas e Nelson Hideiki Nozoe, por suas importantes sugestões e pela ajuda no campo da pesquisa bibliográfica, permitindo-me, assim, superar vazios e erros iniciais.

A todos os meus professores da FEA-USP e da FIPE e respectivos funcionários, em geral, os quais, com o seu alto nível profissional, tornaram proveitosa a minha estada nesta casa de ensino. Meu carinhoso agradecimento ao pessoal da Biblioteca-FEA.

Aos funcionários do Catálogo Coletivo, SIBI/USP, pelo valioso serviço que emprestam, ao fornecer informações bibliográficas de todo o Brasil.

Ao Sr. Orlando Claudionor Madureira, por seu constante apoio como amigo, vizinho e pela sua disposição em me auxiliar a superar algumas dificuldades com o idioma português.

À Maria Beatriz e ao Euro Junior, os quais, durante todo este longo período, “suportaram” os meus rascunhos e as suas sucessivas correções.

## ÍNDICE

	PÁG.
APRESENTAÇÃO .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE GRÁFICOS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE QUADROS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Motivações, objetivos e metodologia .....	1
1.2. Conceito e classificação dos recursos naturais .....	2
1.3. Revisão da literatura .....	9
2. CONCEITO DE VALOR, RENDA E PREÇO .....	23
2.1. Conceito de valor em geral .....	23
2.2. Como se formam os preços .....	26
2.3. Valor e preço dos recursos naturais ( <i>in situ</i> ) .....	30
2.4. Renda do fator terra ou dos recursos naturais .....	33
3. A TEORIA ECONÔMICA E O VALOR E O PREÇO DOS RECURSOS NATURAIS .....	38
3.1. Teoria do consumidor .....	38
3.2. Teoria da produção .....	43
3.3. Maximização dos lucros .....	56
3.4. Demanda derivada e remuneração dos recursos naturais .....	58
3.5. Análise dinâmica: o valor e a produção no tempo .....	66
4. MÉTODOS GERAIS PARA AVALIAR OS RECURSOS NATURAIS .....	81
4.1. A demanda derivada .....	81
4.2. A renda capitalizada .....	83
4.3. O custo de uso .....	89
4.4. Os custos diferenciais ou renda ricardiana .....	96
5. MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA AVALIAR OS RECURSOS NATURAIS ..	101
5.1. Solos agrícolas .....	101
5.2. Águas .....	107
5.3. Florestas .....	123
5.4. Cenários naturais .....	133
5.5. Recursos pesqueiros .....	144
5.6. Recursos minerais .....	164
5.7. Recursos energéticos .....	190
6. CONCLUSÕES E EXTENSÕES .....	204
6.1. Conclusões gerais .....	204
6.2. Conclusões específicas .....	207
6.3. Extensões .....	212
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	215

## APRESENTAÇÃO

Este estudo que versa sobre a “Avaliação Econômica dos Recursos Naturais”, constitui parte das exigências para a obtenção de Doutorado em Economia, na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, da Universidade de São Paulo.

A idéia de elaborar este estudo alicerçou-se ao longo de minha vida profissional como economista, como docente universitário e como cidadão, interessado em contribuir com algo em prol de nossos povos.

Meu interesse marcante na busca de uma teoria e de uma técnica para avaliar economicamente os recursos naturais surgiu nos anos 1975-1977, quando fui contratado pela “Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales”, ONERN (atualmente, Instituto Nacional de Recursos Naturales, INRENA), de Lima, Peru, para participar do inventário físico-econômico dos recursos naturais de meu país. Naquela oportunidade, já me foi possível observar — e lamentar — a falta de elementos e referências da teoria e análise econômica, específicos e sistemáticos em torno do tema. Senti, igualmente, esta carência nos anos 1981-1984, quando tive a meu cargo a disciplina “Recursos Naturales y Energéticos”, no Departamento de Engenharia da “Universidad Nacional Mayor de San Marcos”, Lima, Peru. Meu interesse aumentou ao assistir ao “Symposium Environmental Accounting”, organizado pelo Banco Mundial, e realizado nos dias 5-7 de novembro de 1984, em Washington, DC, USA. Nesse conclave, percebi que, em se tratando da avaliação econômica do meio ambiente, a carência de trabalhos sobre o assunto era ainda maior do que imaginara.

Inegavelmente, em todo o decênio de 80 dediquei-me a reunir documentos, publicações e a fazer reflexões sobre o tema, além do fato de munir-me com o material bibliográfico que fornecesse os fundamentos teóricos e técnicos que desse o respaldo necessário para se tentar levar à prática um dispositivo constitucional do Peru, relativo ao pagamento de um “cânon” (uma espécie de “royalty”) em favor das localidades e regiões possuidoras de recursos naturais em exploração.

Toda este acervo de conhecimentos, aliado à oferta de informações correlatas que encontrei no Brasil, permitiu-me elaborar o presente documento. Evidentemente, não se pretende, absolutamente, considerar esgotado o assunto. Ao contrário, ele é parte de um esforço que já vem de longa data e cujo prosseguimento deveria ser da responsabilidade de equipes multidisciplinares e multi-institucionais. Em todo o caso, ao final deste trabalho, permito-me fazer algumas sugestões acerca dos passos que se teria que dar daqui para a frente.

Finalmente, cumpre-me alertar os leitores para a preocupação que me envolveu no correr de todo o estudo, qual seja, a de procurar desenvolver os temas a partir dos antecedentes cronológicos existentes. Nesse sentido, segue, a cada autor citado, e entre parêntesis, o ano da primeira publicação e, no final do documento, são complementadas as referências bibliográficas, como dispõem as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Qualquer erro ou omissão, especialmente de Português, são de minha inteira e total responsabilidade.

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo principal examinar se os recursos naturais, considerados como bens de consumo ou fatores de produção, têm valor econômico, e como este valor pode ser quantificado.

Na primeira parte, fez-se uma revisão cronológica da literatura existente sobre o assunto, encontrando-se um grande número de estudos esparsos relacionados, de alguma forma, com o tema da tese. Analogamente, procedeu-se a uma revisão conceitual e temática das principais escolas do pensamento econômico, com a finalidade de identificar as concepções dos autores e aproveitar os instrumentos já existentes relacionados à avaliação econômica dos recursos naturais.

A seguir, procurou-se definir a melhor forma de analisar e avaliar os recursos naturais em relação ao consumo, produção e distribuição, e sob os aspectos estático e dinâmico. A partir desses cuidados, concluiu-se que os recursos naturais, quando qualificados como bens escassos, devem fazer jus a um valor econômico, para garantir o seu melhor uso e a sua conservação ao longo do tempo.

Alicerçados nas considerações anteriores, passou-se a formalizar e a construir métodos para avaliar economicamente os principais recursos naturais, considerando e interpretando os antecedentes já disponíveis e, em algumas circunstâncias, fazendo propostas no sentido de como abordar estes assuntos.

## ABSTRACT

This study's main objective is to determine whether natural resources, considered as consumer goods or factors of production, have economic value and how this value can be established.

As a first step, a chronological revision of the existing literature on this issue was made, with a great number of studies found related, to a certain extent, to the topic of this thesis. Similarly, a revision of the main trends of economic thought was performed, aiming at identifying the author's ideas and at taking advantage of the existing methods related to the economic evaluation of natural resources.

Next, an attempt was made to determine how to analyze and evaluate natural resources in relation to consumption, production and distribution, taking into account the static and dynamic aspects. Having these concerns in mind, the conclusion was that natural resources, when qualified as scarce goods, should have an appropriate economic value so as to guarantee their best use and their conservation in the long run.

Following these considerations, the last step was an attempt to formalize and set up methods to evaluate economically the main natural resources, taking into account and interpreting the available literature and, in some cases, making proposals related to these issues.

## LISTA DE GRÁFICOS

	PÁG.
1. A formação dos preços na economia .....	30
2. Os bens abundantes e livres e seus preços .....	32
3. A renda da escassez .....	35
4. A renda diferencial .....	36
5. Maximização do consumo com preço $P_2 = 0$ .....	40
6. A eficiência na pesca .....	46
7. Ausência de um ótimo quando $r = 0$ .....	49
8. Curvas do custo de uso e do custo de uso marginal .....	55
9. Maximização corrigida dos lucros .....	57
10. Oferta e demanda conjunta do bem final Q .....	61
11. Demanda derivada do recurso natural T .....	61
12. As rendas diferenciais e o preço agrícola .....	65
13a. Benefício social total .....	67
13b. Benefício social total com custos constantes .....	68
14. Preço de um recurso não renovável ao longo do tempo .....	72
15. Dinâmica de crescimento da biomassa .....	75
16. Relações biomassa-extração .....	76
17. Relações biomassa-esforço-extração .....	76
18. Custo total e receita total .....	77
19. O preço e o custo de uso marginal do níquel, segundo Stollery .....	93
20. A renda ricardiana no tempo .....	99
21. Oferta conjunta e demanda agregada de água .....	110
22. Curva de demanda de água e o excedente do consumidor .....	113
23. Oferta conjunta e demanda de um bem público .....	122

	PÁG.
24. Valores econômicos das áreas de conservação .....	134
25. Crescimento natural da biomassa ao longo do tempo .....	148
26. Extração sustentável: total, média e marginal .....	150
27. O equilíbrio bioeconômico de Gordon .....	153
28. O custo de uso e o equilíbrio na produção (Scott) .....	155
29. Oferta e demanda de peixes: livre entrada e produção sustentável ..	159
30. Oferta e demanda de peixes: entrada controlada ou monopólio .....	160
31. Classificação das disponibilidades minerais .....	166
32. O ótimo na extração de minerais .....	177
33. A taxa de juros e o período de exaustão .....	178
34. Oferta de minerais e concentrados .....	180
35a. Índice de tendência dos preços de minerais não combust. preços const. 1980 .....	186
35b. Volume exportado de minerais não combust.; em bilhões de dólares de 1991 .....	186
36a. Tendências na produção e preço do ouro; em preços constantes de 1987 .....	186
36b. Tendências na produção e preço do cobre; em preços constantes de 1987 .....	186
37a. Proporção de uso de material reciclado na indústria dos Estados Unidos .....	187
37b. Proporção relativa de material reciclado, em cada um dos metais usados nos Estados Unidos .....	187
38. Crescimento da população e uso da energia inanimada — Cohen, J. E. .....	193
39. Evolução dos preços do petróleo — Martin, J. M. ....	193
40. Oferta e demanda da energia primária .....	200

## LISTA DE TABELAS

	PÁG.
1. Os estágios de produção e o ótimo na extração da pesca .....	45
2. O custo de uso de um recurso natural .....	54
3. Preço e custo de uso do petróleo em Oklahoma .....	95
4. Processo simulado da geração da renda diferencial e o valor dos recursos naturais .....	97
5. Florestas tropicais: existência e extração (milhões de ha) .....	124
6. Estimativa da produção sustentável de madeira no Brasil 1985 .....	132
7. Volume de pesca mundial, 1990 .....	146
8. Volume da extração pesqueira no Atlântico Sudoeste .....	163
9. Massas de minerais existentes na crosta terrestre .....	166
10. Oferta e demanda de minerais 1970 — Meadows .....	168
11. Oferta e demanda de minerais, 1970 — Pearce .....	169
12. Oferta e demanda de minerais — Hodges .....	170
13. O ótimo na produção de carvão — estática .....	172
14. O ótimo na produção de carvão — dinâmica .....	173
15. Os preços de minerais no período 1870-1978 — Slade .....	185
16. Preços do cobre na Bolsa de Londres US\$/tonelada em valores correntes .....	188
17. Evolução do consumo da energia primária (em milhões de toneladas de equivalente petróleo — Mtep) .....	193
18. O potencial mundial de recursos energéticos (em bilhões de toneladas de equivalente petróleo — Gtep) .....	195
19. Produção mundial de energia 1989 (milhões de toneladas de equivalente petróleo — Mtep) .....	195
20. Custos da energia na Europa - dólar/tep .....	196
21. Produção e custos da eletricidade .....	198
22. Investimentos iniciais para gerar eletricidade .....	198

PÁG.

23.	A demanda mundial de energia, 1989 (milhões de toneladas de equivalente petróleo - Mtep) .....	199
24.	Estrutura relativa de consumo de energia, por países, em % .....	200

### LISTA DE QUADROS

1.	Classificação dos recursos naturais segundo Ciriacy-Wantrup .....	PÁG. 6
2.	Classificação dos recursos naturais segundo Judith Rees .....	8

# **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. <sup>1</sup> No entanto, é só com Say que a

---

<sup>1</sup> 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. <sup>2</sup>

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. <sup>3</sup>

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. <sup>4</sup>

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...”.

<sup>2</sup> 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.”

<sup>3</sup> 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.”

<sup>4</sup> 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,<sup>5</sup> 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

---

<sup>5</sup> 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. <sup>6</sup>

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.

---

<sup>6</sup> 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*

Detalhe	Tipo	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*

Detalhe	Tipo	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,<sup>7</sup> Randall<sup>8</sup> e Naredo;<sup>9</sup> 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

---

<sup>7</sup> Solow, Robert (1974, p. 378) “... a literatura sobre os recursos naturais não renováveis não é muito extensa...”

<sup>8</sup> 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...”

<sup>9</sup> 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 subsequente, 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 ( $P_0 \cdot e^{r \cdot t}$ ), 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  $P_t = P_0 \cdot e^{r \cdot t}$  (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:

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

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

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

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

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 repostado); 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 ( $\lambda$ ). Se o custo marginal é constante ao longo do tempo, também  $\lambda$  deve se manter constante, desde que devidamente descontado ( $\lambda_0 = \frac{\lambda_1}{1+r}$ ), e também que a taxa de crescimento de  $\lambda$  guarda certa proporção com a evolução da taxa de juros ( $\frac{\lambda}{\lambda} = 1+r$ ). 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 sócio-cultural), 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 Chichinantzn, 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:

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

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, “Fracá 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.

## **2. CONCEITO DE VALOR, RENDA E PREÇO**

### **2.1. Conceito de valor em geral**

No capítulo anterior, viu-se que o conceito de valor, renda e preço é constantemente utilizado, porém o que realmente se entende por estes conceitos e como eles se aplicam aos recursos naturais será o tema deste capítulo.

Gramaticalmente, a palavra “valor” significa apreço e estimação por algo ou alguém, em geral. Em economia, também tem o mesmo significado, só que no momento de definir como surge ou em que se sustenta este conceito aparecem as diferentes escolas do pensamento econômico. Assim, existem a Teoria Objetiva do Valor, sustentada pelos clássicos da Economia, e a Teoria Subjetiva do Valor, pelos neoclássicos.

Entre os clássicos mais destacados, por suas obras referentes ao termo valor, encontram-se Smith, Say, Ricardo, Mill e Marx. Para todos eles o conceito de valor se desdobra em “valor de uso” e “valor de troca”. Por valor de uso entende-se a utilidade particular que tem para um indivíduo qualquer o uso de um bem. Por valor de troca entende-se o reconhecimento, por parte da coletividade, deste valor. O valor de troca, assim definido, sustenta-se, por sua vez, na quantidade de trabalho nele incorporado, com algumas diferenças e os seguintes matizes:

Para Smith (1776, vol. I, p. 63), o valor de troca se baseia na quantidade de trabalho que o bem pode comprar ou comandar. Say (1803, p. 67-8) também concorda com isto, porém enfatiza que sua raiz reside na utilidade que têm as coisas. Ricardo (1817, p. 43-68), ao contrário, considera que o valor dos bens deriva da quantidade de trabalho direto e indireto necessário para obtê-lo, além da utilidade e escassez daquele, e este valor é sempre regulado pela maior quantidade de trabalho aplicado por aqueles que estão nas condições mais desfavoráveis. Marx acredita que a grandeza do valor é medida pelo quantum de trabalho socialmente necessário para sua produção (1867, vol. I, T 1, p. 48) ou reprodução (1894, vol. III, T 1, p. 107). Mill diz que o valor depende, simultaneamente, tanto da utilidade do bem como da dificuldade para consegui-lo (1848, vol. II, p. 9-11); por dificuldade entende as limitações físicas da oferta, a quantidade de trabalho necessária para a produção e os custos crescentes em alguns itens, como nos “produtos da terra”.

Entre os neoclássicos analisados estão Jevons, Menger, Böhm-Bawerk, Marshall e Wicksell. Em geral, para todos eles o valor é um conceito subjetivo e abstrato a respeito da importância que os bens têm para os indivíduos, e neste sentido o valor de troca de um bem depende da utilidade marginal do bem, que, por sua vez, sustenta-se na sua utilidade e escassez, sendo que o trabalho necessário para elaborar um bem não é decisivo na determinação de seu valor, embora cada autor tenha também suas particularidades adicionais.

Jevons (1871, p. 66-4) enfatiza que o valor de troca expressa unicamente uma relação entre as quantidades dos bens trocados, e que esta relação será correspondente à utilidade marginal (“grau final de utilidade”) dos bens disponíveis para o consumo. Menger (1871, p. 285) considera que só os bens econômicos (demanda maior que a oferta) têm valor e que existem bens não econômicos (demanda menor que a oferta) que não têm valor. Böhm-Bawerk (1889) indica que quando um bem tem várias possibilidades de consumo final, seu valor é fixado por aqueles que lhe dão maior utilidade marginal (p. 180), e quando se trata de um insumo, seu valor é igual àquele bem final, de menor utilidade marginal, que é sacrificado para poder se elaborar este bem (p. 194). Marshall (1890, vol. II, p. 35-65) assinala que, a curto prazo, a procura determina o valor e, a longo prazo, são os custos de produção, e que no caso das matérias-primas seu valor é derivado do produto final em que eles participam. Para Wicksell (1911, p. 31-45), o valor de troca de um bem em particular é função de sua utilidade marginal correspondente, e que este valor de troca deve ser fixado num nível em que se igualem o desejo por consumir este bem (utilidade) e a dificuldade existente para produzi-lo (utilidade negativa ou desutilidade). Em equilíbrio, a utilidade marginal do bem adquirido deve ser igual à utilidade marginal do bem cedido.

Dentro do pensamento dos neoclássicos, outros economistas posteriores concordam que o valor é resultado da interação simultânea do comportamento de todos os agentes consumidores e produtores da economia, os quais, dentro de um ambiente concorrencial, conduzem ao equilíbrio geral, continuamente, e estão interagindo para definir o valor de cada um dos bens e as trocas correspondentes. Esta escola, chamada do equilíbrio geral, exige uma série de axiomas e hipóteses, próprias de uma economia concorrencial, e o valor é formulado numa linguagem formalizada (matemática). Entre estes economistas encontram-se Walras (1874), Pareto (1909), Hicks (1939), Samuelson (1945) e Debreu (1959).

Existem alguns itens de concordância sobre o valor entre os clássicos e os neoclássicos. Assim, por exemplo, os clássicos afirmam, de uma ou outra forma, que são os custos de produção (trabalho) os que definem o valor dos bens. Existem também, neoclássicos que aceitam parcialmente esta tese, tais como Jevons (p. 106), Böhm-Bawerk (vol. I, p. 192-6), Wicksell (p. 20), Walras (p. 107), Hicks (p. 73) e Samuelson (p. 85).

Mais ainda, no caso dos bens de capital, Robinson afirma que eles podem ser avaliados tanto por seu custo de produção, como por seu poder de compra ou pelos retornos futuros que estes oferecem; numa situação de equilíbrio, os três resultados são equivalentes.<sup>10</sup>

Percebe-se, então, como este conceito de valor é bastante discutível e dificilmente encontra-se consenso entre todas as escolas. Alguns autores utilizam a noção de utilidade dos objetos e os sacrifícios efetuados para se ter acesso a eles, conforme citado por Napoleoni.<sup>11</sup> Outros utilizam o conceito de utilidade marginal das coisas e o poder de compra existente, como mostra Georgescu-Roegen.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Segundo Joan Robinson (1953, p. 36), “Podemos avaliar os bens em termos de seu custo real de produção — isto é, o trabalho e os bens anteriormente existentes, requeridos para produzi-lo, ou em termos de seu valor expresso em alguma unidade de poder de compra, ou podemos avaliá-los de acordo com sua produtividade — isto é, em que quantidades de bens se transformarão no futuro, se o trabalho se fizer em combinação com eles (...) Em uma posição de equilíbrio todas as três avaliações conduzem a resultados equivalentes...”

<sup>11</sup> Para Claudio Napoleoni (1956, p. 1599-1600), “...As idéias de Jevons e Menger sobre o valor são, salvo algumas pequenas diferenças de ênfase, quase idênticas. No entanto, Jevons, seguindo a tradição inglesa, mantém o termo valor para indicar a relação de troca, limitando-se a usar a palavra utilidade para descrever as estimativas subjetivas. Menger, ao contrário, adota o termo valor para indicar as avaliações subjetivas, e seu 'valor de troca' não é mais que a utilidade indireta que possui um bem enquanto pode ser trocado (...) A essência das duas argumentações é, portanto, a mesma: as relações de troca se explicam com base nas estimativas subjetivas. Marshall mantém a terminologia de Jevons e da tradição inglesa: 'O valor, ou seja, o valor de troca de uma coisa em termos de outra, sob certas circunstâncias de lugar e tempo, é a quantidade desta segunda coisa que, em tais circunstâncias, pode ser obtida em troca da primeira. Por isso, o termo valor é relativo e expressa a relação entre duas coisas num lugar e num período particular' (...) Portanto, as 'causas últimas' do valor são a utilidade que têm os bens para satisfazer as necessidades, e os sacrifícios que é preciso aceitar para se ter a disponibilidade destes. Para Marshall, perguntar-se qual destes dois elementos é o mais importante na determinação de preço é tão insensato como perguntar-se qual das duas folhas de um tesoura é a que corta...” (tradução pessoal).

<sup>12</sup> Segundo Nicholas Georgescu-Roegen (1968, p. 243), “...Desde que todas as porções disponíveis de uma mercadoria apresentam-se indiferenciadas, uma a uma, na satisfação que elas produzem conjuntamente, chega-se à conclusão que  $xU'(x)$  mede o valor de troca de uma mercadoria  $x$ . Esta forma de

Em relação à forma de medir o valor, os clássicos, em geral, achavam que o número de horas de trabalho empregado na confecção ou o poder de compra em trabalho podia medir este valor, embora todos concordassem nas dificuldades práticas disto, razão pela qual fazem reflexões sobre o uso do trigo ou a prata como expressões simples de valor (Smith e Say) ou o sustento diário em alimentos de um trabalho não qualificado (Mill).

Os neoclássicos, para tais fins, utilizam o conceito de valores relativos de troca, que é a relação de troca entre duas mercadorias (Jevons) ou a relação de troca entre uma mercadoria em particular e uma unidade padrão ou a moeda (Walras).

## 2.2. Como se formam os preços

O preço é a expressão quantitativa do valor que tem os bens, expresso em dinheiro. Para os clássicos em geral, existe um “preço natural”, que é a representação de seu conceito de valor dos bens, e um “preço de mercado”, que é resultado da oferta e procura dos bens. Este último preço, segundo eles, é circunstancial, porque, com o tempo, eles tendem a se acercar do seu preço natural.

Adicionalmente, Adam Smith (vol. I, p. 83) acha que o “preço natural” de uma mercadoria é exatamente igual ao montante necessário para pagar os seus fatores de origem (terra, trabalho e capital), de acordo com seus níveis naturais.<sup>13</sup> Ricardo (p. 77)

---

trazer à superfície a relação entre utilidade marginal e valor é a marca nos ensinamentos tanto de Jevons como de Menger. Porém, o campeão da tese de que o valor econômico não pode ter outra medida que  $xU'(x)$  é Wieser. Talvez, ele quisesse dizer não somente que 'o grau final de utilidade determina valor' - como afirmou Jevons - senão também que utilidade (valor de uso) não tem nenhum papel direto na sua determinação. Ao final, Wieser apresenta uma linha mais aceitável, afirmando que valor de uso mede utilidade, e valor de troca mede a combinação de utilidade (marginal) e poder de compra!...” (tradução pessoal).

<sup>13</sup> Segundo a interpretação de Claudio Napoleoni (1970, p. 68-70), por “níveis naturais” deve-se entender, no caso do salário do trabalho, àquele montante mínimo necessário para a subsistência e reprodução do trabalhador; no caso dos lucros do capital, àquele montante que está em função direta do nível dos juros e em função inversa da acumulação do capital, tendo em média e a longo prazo uma tendência decrescente; no caso da renda da terra, àquele montante máximo que o arrendatário pode permitir-se pagar em favor do proprietário, em razão do monopólio da terra por este último, montante este que se apresenta mais ou menos elevado segundo o grau de rentabilidade da terra e sua distância do local onde se efetua a venda dos produtos obtidos.

diz que no “preço natural” está refletida a quantidade de trabalho direto e indireto necessária para sua produção. Para Marx, o preço é a denominação monetária do trabalho objetivado na mercadoria (vol. I T 1, p. 92) e que é a lei do valor que domina seu movimento (vol. III T 1, p. 138), embora reconheça a existência de bens carentes de valor que têm preço (terra não cultivada) ou de diferenças entre o valor e os preços, todos eles explicados pelo monopólio ou pelo intercâmbio puramente casual ou apenas ocasional. Mill (vol. II, p. 11-8) concorda com Smith e Ricardo sobre a existência do “preço natural” e o “preço de mercado”, porém neste último tem participação a “procura efetiva” (desejo de comprar, mais poder de compra) e o preço, assim fixado, deve cobrir os custos de produção e os lucros normais.

Para os neoclássicos em geral, a Teoria Subjetiva do Valor determina a formação dos preços. Concretamente, dizem que é a interação entre oferta e procura que determina o preço de um bem.

Adicionalmente, Menger (p. 331-8) esclarece que não existe igualdade de preços entre dois ou mais bens trocados, existe sim uma equivalência subjetiva entre os valores desses bens, e entre estes limites formam-se os preços; no caso dos monopólios, quando estes buscam maximizar seus benefícios, os preços são fixados acima de uma posição normal. Ainda assim, não obstante, conseguem convencer os consumidores, para os quais estes preços ainda significam ganhos em sua satisfação. Jevons (p. 120) adverte acerca da existência de equivalências entre as quantidades trocadas de dois ou mais bens e seus preços correspondentes. Böhm-Bawerk (vol. I, p. 225-37) assinala que os preços são fixados com base nas aspirações dos vendedores (V) e compradores (C), desejosos de conseguir vantagem na troca. Se existir um só V e um só C, o preço será a média aritmética de suas aspirações e a força da pechincha; se são muitos V e um só C, este último fixa o preço (menor) de compra; se são muitos C e um só V, este último fixa o preço (maior) de venda; se são muitos C e muitos V, então o preço será fixado pelo poder de barganha, até que se consiga igualar o número de unidades oferecidas pelos V com as unidades procuradas pelos C, deixando de fora alguns C (que oferecem menos) e alguns V (que pedem muito).

Marshall (vol. I, p. 99) expõe que a disposição a pagar de um indivíduo, sustenta-se no princípio da utilidade marginal decrescente, considerando constantes o poder aquisitivo do dinheiro e a quantidade disponível do mesmo. Esta procura se torna

eficiente somente quando o preço que se dispõe a oferecer alcança aquele pela qual outros estão dispostos a vender.

Os economistas do equilíbrio geral, dentro de sua tese de valor, indicam que num mercado concorrencial funciona um sistema iterativo, ou de “tatônnement” dos preços e quantidades, entre a oferta e a procura nos mercados de consumo e produção para os bens finais e os fatores da produção, e que estes preços são determinados em conjunto e não independentemente uns de outros. Assim, aparecem preços únicos para cada um deles.

Adicionalmente, Walras (p. 184) aponta que todo aumento ou diminuição na quantidade da mercadoria-moeda significa aumento ou diminuição proporcional no nível dos preços. Hicks (p. 27) mostra que, num estado de ótimo, os preços dos bens de consumo são proporcionais à sua “taxa marginal de substituição” (igual a relação das utilidades marginais dos mesmos) e que, no caso dos fatores produtivos, isto significa que as relações de suas produtividades marginais são proporcionais às remunerações dos mesmos. Samuelson acrescenta, entre outros aspectos, (p. 196) que o nível geral dos preços varia de acordo com a distribuição da renda monetária, e que estes preços, assim determinados, indicam a maximização no consumo e na produção (p. 85).

Kalecki (1954) postula a tese que, a curto prazo, as alterações nos **preços dos bens acabados são determinados pelas modificações no custo de produção** e pelos preços dos concorrentes imediatos; isto porque, ante um aumento da demanda, as empresas, geralmente, têm capacidade para elevar o volume da produção, permanecendo, assim, estável o nível dos preços. A longo prazo, este raciocínio continua válido, desde que não seja alterado o grau de monopolização existente (se aumenta o grau de monopolização, a empresa líder depende menos de seus concorrentes e vice-versa). Diferentemente, no caso dos **produtos alimentícios primários e das matérias-primas (produtos agrícolas, mineração etc.) seus preços são determinados pela demanda**, porque, diante de um aumento da demanda, não existiriam condições para aumentar a oferta, já que esta é inelástica e se requer tempo suficiente para aumentar a produção. No entanto, Kalecki aceita que é a demanda quem finalmente determina os

preços de todos os bens, <sup>14</sup> embora em seu estudo só faça comprovações empíricas para a formação dos preços pelo custo.

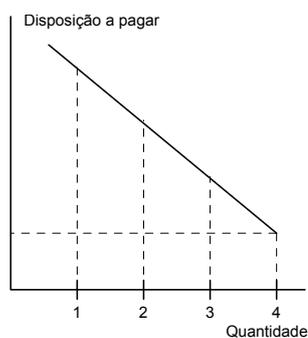
Convém também, assinalar a existência de bens cujos **preços são fixados pelo mercado internacional**, como aqueles que são exportados ou importados, e os bens cujos **preços são fixados pelo governo**, tanto como tarifas e taxas (venda de bens e prestação de serviços) quanto pelos preços mínimos (compra de produtos agrícolas, principalmente). O governo pode fornecer **bens públicos** (nos quais não se cumprem os princípios de exclusão e rivalidade, como na defesa nacional e a iluminação pública) e **bens meritórios** (visando políticas distributivas, correção de externalidades ou desenvolvimento, como educação, saúde, moradia ou alimentação). No caso em que a prestação destes serviços mostre custos decrescentes (monopólios naturais), os preços seriam fixados no ponto em que a receita média seja igual ao custo marginal (o que exigiria um subsídio equivalente à diferença entre o custo médio e o custo marginal) ou com base nas tarifas com dois estágios (fixo mais variável). Igualmente, no caso em que existam externalidades, uma política de impostos/subsídios permitiria equilibrar os custos sociais com os benefícios sociais (Musgrave, 1973, p. 41-65 e 599-618).

Em conclusão pode-se afirmar que em geral os preços, em nível de um consumidor, correspondem à sua disposição a pagar, que é dada pela utilidade marginal do bem dividido pela utilidade marginal da renda, como aparece no Gráfico 1 (a). Da mesma forma, em nível do produtor, o preço deste bem deve igualar seu custo marginal. Em nível do conjunto da economia e com base na tese dos teóricos do equilíbrio geral, os preços seriam formados pela interação simultânea da demanda e da oferta dos bens em geral e, em particular, do bem em análise, como aparece no Gráfico 1 (b), a seguir.

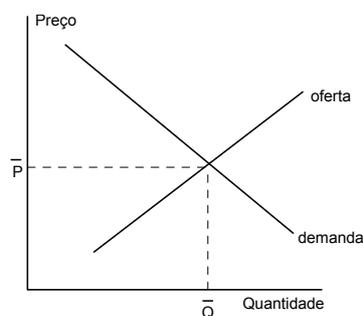
*Gráfico 1: A formação dos preços na economia*

---

<sup>14</sup> Kalecki, Michael (1954, p. 7) "... Claro está que o preço dos produtos acabados é afetado por quaisquer mudanças 'determinadas pela demanda' ocorridas nos preços das matérias-primas, mas é através dos custos que essa influência é transmitida..."



(a)



(b)

## 2.3. Valor e preço dos recursos naturais (*in situ*)

Todas as escolas econômicas aceitam que a natureza participa no processo produtivo, porém existem discrepâncias sobre se isto gera valor e preço para ele.

Para os clássicos, como Ricardo e Marx, os recursos naturais em seu estado inerte não têm qualquer valor, porque não existe neles trabalho humano incorporado; especificamente, para Marx, a natureza só pode gerar valor de uso (vol. I T 1, p. 49) e não valor de troca (vol. I T 1, p. 77), embora alguns destes recursos, como a terra não cultivada ou a queda d'água, podem ter preço (vol. I T 1, p. 92-3 e vol. III T 2, p. 146). Eles são, porém, uma expressão irracional, explicada pelo monopólio ou a renda capitalizada neles existente.

Por outro lado, para os clássicos, como Smith, Say e Mill, para os quais o valor se baseia no poder de compra dos bens, a natureza pode ter valor e preço, desde que tenha esta qualidade. Smith (vol. I, p. 165-70) diz textualmente que o valor de uma mina de carvão é uma função de sua riqueza e localização; o valor de uma floresta, é função do nível de povoamento, e da fauna silvestre, das possibilidades de comercialização de seus produtos. Say (p. 74-82), por sua vez, diz que os metais em seu estado inerte na terra e os peixes no mar não têm valor algum, porém em seguida afirma que os recursos apropriáveis (terra e água) são fundos de valor e geram renda, diferentemente dos não apropriáveis (vento, mar, rios) que não têm valor. Mill (vol. I, p. 47-107) também afirma que os recursos naturais escassos e apropriáveis têm valor de troca, porém a posse deles não garante a riqueza dos povos.

Para os neoclássicos em geral, de conformidade com sua teoria do valor, a utilidade e a escassez dos recursos naturais gerariam valor e preço para os mesmos. No

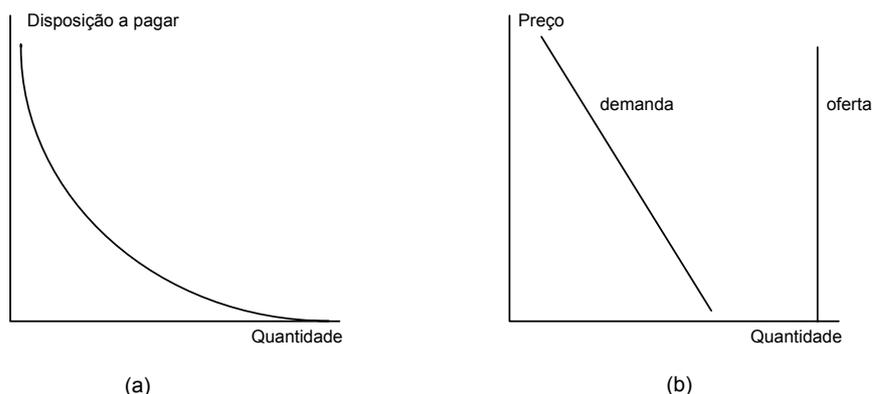
caso da utilidade, explicam eles, o valor deriva-se do uso previsível do bem ou serviço final em que eles participaram. No caso da escassez, os bens abundantes e ilimitados são bens livres, de preço zero (ar, energia solar, vento etc.) e, inversamente, aqueles que são limitados (demanda maior que a oferta) têm valor e preço.

Böhm-Bawerk (vol. I, p. 158-9) assinala que efetivamente os bens livres (bosques, água) não têm valor, porém só quando tomadas partes isoladas destes e em ambientes de abundância, já que, em conjunto e em panoramas de escassez, eles têm valor incalculável; igualmente, ele afirma (vol. II, p. 150) que o descobrimento de novas jazidas e o aperfeiçoamento tecnológico na extração do recurso fazem abaixar a utilidade marginal, o valor e o preço das matérias-primas e, por conseguinte, dos bens deles derivados. Menger (p. 306-17) assevera que os bens superiores (recursos naturais) definem seu valor segundo o uso previsível dos mesmos nos bens inferiores em que eles participam, e que muitos bens que hoje não têm aparentemente utilidade podem passar a tê-lo no futuro e, nesse sentido, eles já têm valor hoje. Marshall (vol. II, p. 83) estabelece que o valor dos recursos naturais está em função a sua capacidade de gerar renda futura, isto é, o valor atual descontado de todos os pagamentos futuros creditados ao recurso em análise deve igualar o seu presente valor-capital (vol. II, p. 103). Wicksell (p. 97-8) afirma que os recursos naturais não renováveis são equivalentes aos bens de capital e que os bens livres como o ar, a água e o sol têm participação na produção, porém não participam nos benefícios obtidos nem têm influência nos preços.

Os economistas do equilíbrio geral, de conformidade com sua tese de formação do valor e preço, consideram dentro do conjunto de equações, algumas que se referem à participação dos bens livres, de preço zero e, por isso, Debreu (p. 81) diz que a oferta agregada é igual ou maior que a demanda agregada.

Em conclusão e baseando-nos nos conceitos citados, pode-se indicar que os recursos naturais que são úteis e escassos formam seus preços da mesma forma que os bens normais, como mostrado nos Gráficos 1a e 1b. No entanto, aqueles que mesmo sendo úteis, são porém, relativamente abundantes e livres, como o ar, o vento, a luz solar, a água dos mares etc., teriam uma utilidade marginal e um preço igual a zero, como descrito no Gráfico 2 (a). Similarmente, em nível global, e considerando que sua oferta é maior que sua demanda, seu preço seria zero, como descrito no Gráfico 2 (b), a seguir.

Gráfico 2: Os bens abundantes e livres e seus preços



Se se aceita a explicação que acaba de ser feita, então todos os recursos renováveis “sem zona crítica”, definidos no capítulo anterior (Quadros 1 e 2), passariam a ser considerados bens não econômicos e, como tais, já não seriam objeto de análise desta tese. Esta qualificação, assim estruturada, coincide com as últimas colocações dos teóricos do equilíbrio geral, no que diz respeito ao conceito de “bens livres” (Steedman, 1989). Segundo eles, os bens que estão “presentes na natureza” e que têm uma oferta maior que a demanda, custo de oportunidade e preço zero, são bens livres (ar, luz solar etc.); no entanto, existem, igualmente, bens que são “presentes da natureza”, com oferta maior que a demanda, custo de oportunidade positivo e preço zero (pela propriedade comum) e que não são bens livres (bosques, minas etc.).

## 2.4. Renda do fator terra ou dos recursos naturais

Entende-se por renda, à remuneração paga aos fatores produtivos (terra, trabalho e capital) pela sua participação no processo produtivo. No referente a como se forma a renda da terra também existem diferentes idéias.

Para os clássicos em geral, a renda da terra aparece porque as terras férteis e bem localizadas são escassas e de propriedade particular, e como a população está em contínuo crescimento tem que se cultivar sucessivamente terras marginais de maior custo de produção (trabalho). Assim, as terras melhor localizadas e de alta fertilidade terão, também, por diferença, altas rendas, e as terras mais longínquas e pobres não terão

nenhuma renda. Neste sentido, a renda da terra não seria resultado do esforço humano, mas da escassez destes bens e do monopólio existente neles.

Adicionalmente, Smith (vol. I, p. 151) diz que a renda da terra é a importância maior que o arrendatário pode permitir-se pagar, depois de deduzidas todas as despesas enfrentadas no seu cultivo (salários, sementes e outros, lucros de capital). Ricardo (p. 65-7) assinala que a renda é a remuneração pelo uso das “forças originais e indestrutíveis da terra”, e sua magnitude seria igual à escassez destes e às diferenças de qualidade e localização das terras que gradualmente vão se incorporando ao cultivo. Ricardo (p. 70-5) e Mill (vol. II, p. 36) estabelecem que a renda da terra não faz parte dos custos de produção e que se os donos das terras abrissem mão dela os preços não baixariam, simplesmente se beneficiariam os arrendatários; Mill (vol. II, p. 299) acha justo taxar com impostos a renda da terra porque ela deriva fundamentalmente do progresso e não tanto do esforço do proprietário.

Para os neoclássicos, em geral a renda da terra é determinada seguindo os mesmos princípios da teoria da utilidade marginal e, de modo específico, considerando-se qual é o valor previsto dos produtos a serem extraídos desta terra.

Menger (p. 318) concorda em que a renda da terra é diretamente proporcional ao valor previsível da utilização das mesmas, porém adiciona que ela também é inversamente proporcional aos requerimentos de capital. Jevons (p. 134-5) considera que a renda da terra é igual ao produto total da terra menos a remuneração dos outros fatores empregados, e que a renda da terra assim definida deve ser considerada na estrutura de custos e preços, na forma de um custo de oportunidade (p. 20). Wicksell (p. 102), assim como Adam Smith, diz que a renda da terra é igual ao valor das vendas menos a somatória das despesas no cultivo da terra.

Marshall recomenda chamar de “renda” ao rendimento derivado dos bens gratuitos da natureza, e “quase-renda” ao rendimento das máquinas e outros instrumentos de produção feitos pelo homem (vol. I, p. 81); como a terra é fixa, sua disponibilidade escapa inteiramente à influência da procura, ela não tem custo de produção e como não há preço de oferta ao qual possa ser produzida, seu valor e renda derivam de sua escassez (vol. I, p. 139-207); assim, isto passa a ser conhecido como a “renda da escassez”.

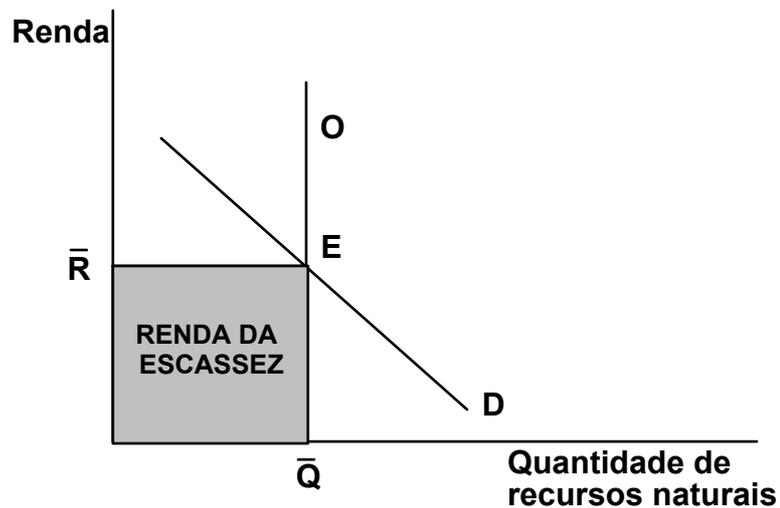
Os economistas do equilíbrio geral assinalam que todas as rendas (da terra, trabalho e capital), assim como os preços, em geral, são definidos simultaneamente e que deve existir um só preço (renda) para cada um dos fatores produtivos e, além disso, que estes preços mostram a eficiência na produção e no consumo. No entanto, economistas modernos, como Keynes (p. 15, p. 256), opinam diferentemente, no sentido de que não necessariamente o equilíbrio significa pleno emprego dos fatores. Outros economistas, como Samuelson (p. 180-92), destacam que a teoria do equilíbrio não assegura uma ótima distribuição da renda para todos, e que é preciso estabelecer como base uma função de bem-estar social que permita isto.

Walras (p. 217, p. 261) entende que, numa sociedade em progresso, o salário permanece constante, a renda da terra sobe e os lucros baixam. Segundo Hicks (p. 144-5), por renda deve-se entender o valor máximo que se pode consumir durante um período de tempo, sem afetar, em termos reais, a riqueza existente nem as possibilidades de crescimento futuro.

De toda esta revisão, podem ser extraídos dois conceitos importantes que, em maior ou menor escala, são consenso entre todas as escolas de economia: 1) a “renda da escassez” de Marshall; e 2) a “renda diferencial” de Ricardo.

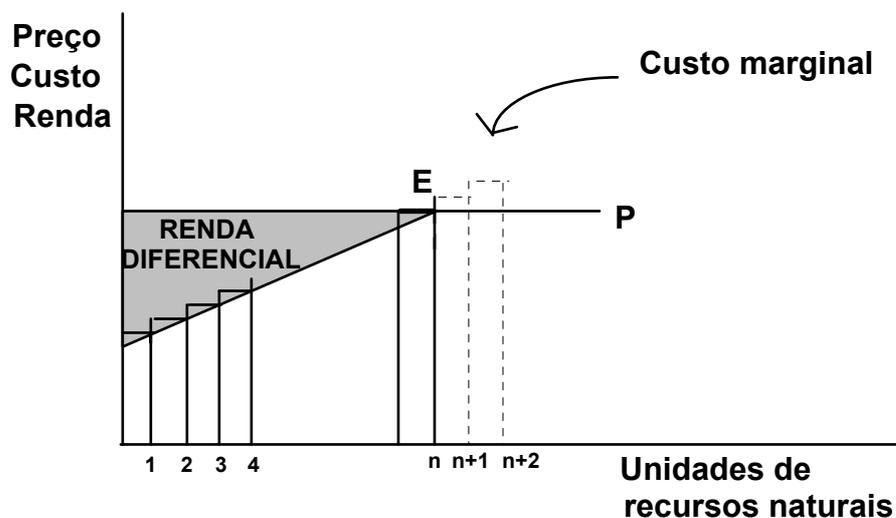
A **renda de escassez** aparece ante os acréscimos da demanda por cada unidade dos recursos naturais e desde que a quantidade total é fixa, sendo a única saída para equilibrar o mercado a subida dos preços; inversamente, uma queda da demanda se traduzirá numa queda dos preços. Este processo é diferente para os outros bens da economia, onde é possível que a oferta se adeqüe à demanda, para neutralizar as oscilações dos preços (Henderson, 1922, p. 88-91). No Gráfico 3 apresenta-se a forma da geração da “renda da escassez” (tomado de Samuelson-Norhaus, 1988, p. 748, chamada por eles de “renda econômica pura”).

*Gráfico 3: A renda da escassez*



**A renda diferencial** surge porque as unidades dos recursos naturais estão localizados em diferentes lugares geográficos e estes têm diferentes qualidades (fertilidade) e quantidades, que se traduzem em diferentes estruturas de custos (de produção e transportes). Como o preço do bem final é o mesmo, dentro de um determinado mercado, aparecem então rendas diferentes para cada uma destas unidades. Pode-se observar, no Gráfico 4, que no Ponto **E** se equilibram a oferta e a procura correspondente, e que a unidade marginal **n** não faz jus a nenhuma renda (Henderson, p. 91-9), embora sinalize o preço para o conjunto da economia.

Gráfico 4: A renda diferencial



A renda da escassez e a renda diferencial podem aumentar ou diminuir ao longo do tempo, em função de mudanças em suas demandas e em virtude de melhorias tecnológicas, dos transportes e pelas importações.

Finalmente, tanto a renda diferencial como a renda da escassez podem ser explicadas, conjunta e simultaneamente, por intermédio do Modelo de Von Thunen (1826), que considera, adicionalmente, o problema da distância e os custos de transporte entre o lugar de produção e o lugar do consumo final.

Este modelo considera tanto o valor da venda do produto final, quanto os custos de produção, a produção física, a distância e o frete de transporte para cada um dos bens econômicos e para cada unidade de produção. Este modelo pode ser assim sintetizado: <sup>15</sup>

$$R_i = (V_i - C_i)Q_i - Q_iF_iK_i$$

onde:

$R_i$  = renda do produto i

$V_i$  = preço de venda do produto i no mercado de consumo

$C_i$  = custo médio de produção

$Q_i$  = quantidade física produzida

$F_i$  = custo de transporte por unidade de distância

$K_i$  = distância entre o lugar de produção e o centro de consumo

No entanto, o modelo exige alguns pressupostos bastantes ponderáveis, que lhe podem assegurar maior grau de validade, como a existência de uma superfície plana e homogênea que permita custos de transporte unitários uniformes, a existência de um

---

<sup>15</sup> Os detalhes do modelo foram obtidos de Carlos Roberto Azzoni (1982, p. 70-4) e Olindina Vianna Mesquita (1978, p. 63-70).

único centro de consumo dos bens produzidos e que os produtores atuem como maximizadores de lucros.

A somatória de todas as  $R_i$ , para cada uma das unidades produtivas, forneceria a renda total das mesmas, e a somatória da renda de todas as unidades produtivas de uma área geográfica em particular, por sua vez, forneceria a renda da terra correspondente.

### **3. A TEORIA ECONÔMICA E O VALOR E O PREÇO DOS RECURSOS NATURAIS**

#### **3.1. Teoria do consumidor**

A teoria econômica fornece um amplo instrumental de conceitos e critérios para que se possa entender e explicar o comportamento econômico do indivíduo e do mercado, dos preços e das rendas, e assim por diante.

Neste sentido, tentar-se-á aplicar o instrumental da teoria econômica para procurar entender como se faz a alocação ótima dos bens no consumo e na produção, e como o conjunto deste processo explica ou deveria explicar a formação dos preços e rendas correspondentes.

A moderna teoria do consumo diz que todo indivíduo defronta-se com  $n$  bens ou mercadorias disponíveis para seu próprio consumo, e que cada um deles, ou uma combinação deles, proporciona-lhes variados níveis de satisfação pessoal ou utilidade. Deste modo, se este indivíduo tem um orçamento monetário limitado, ele tem que fazer uma boa alocação de seus recursos monetários para maximizar seu bem-estar.

No caso dos recursos naturais, entre os bens disponíveis para o consumo pode-se ter, por exemplo, a água para beber ou para limpeza doméstica (não o uso para irrigação ou indústria, pois tal uso faz parte da teoria da produção), colheita de frutos silvestres, caça de animais selvagens, árvores utilizadas para lenha ou construção de moradias (desde que estas não sejam para uso de uma firma ou para aluguel, porque nesses casos estar-se-ia entrando na teoria da firma) ou cenários naturais como reservas, parques etc. Em todo caso, todos ou quase todos os bens finais na economia têm um maior ou menor conteúdo de recursos naturais. Contudo, para o caso em estudo, assume-se um recurso natural puro (no campo), conforme esquema a seguir:

Na economia existem dois bens de consumo,  $X_1$  e  $X_2$ :

$X_1$  = um bem não recurso natural;

$X_2$  = um bem recurso natural.

O consumidor forma sua função utilidade com base na possibilidade de combinações de consumo desses dois bens:

$$U = U(x_1, x_2)$$

Existe um orçamento **B** do consumidor e um sistema de preços na economia. Num primeiro cenário, considera-se  $X_2$  o recurso natural, como um “bem livre” de preço nulo, quer dizer  $P_2 = 0$ , e noutro cenário, em que ele é considerado um “bem privado”, <sup>16</sup> cujo preço é igual a uma taxa  $P_2 > 0$ . <sup>17</sup> Em ambos os cenários, o preço de  $X_1$  é maior que zero,  $P_1 > 0$ .

Visto que o consumidor deve esgotar seu orçamento, tem-se:

$$B = x_1 \cdot P_1 + x_2 \cdot P_2$$

No primeiro cenário, com  $P_2 = 0$  (ver Gráfico 5):

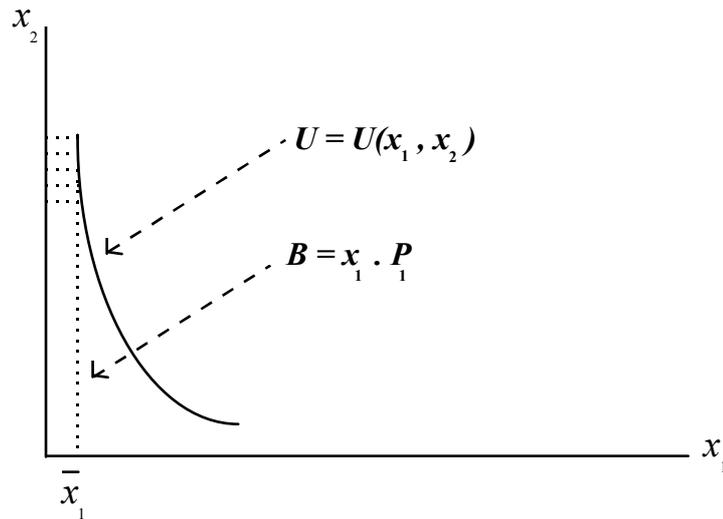
$$B = x_1 \cdot P_1 + x_2 \cdot 0 = x_1 \cdot P_1$$

*Gráfico 5: Maximização do consumo com preço  $P_2 = 0$*

---

<sup>16</sup> Segundo a literatura convencional, no caso dos “bens privados” funcionam os princípios da Exclusão (quem não paga, não consome) e de Rivalidade (o que um consome, não pode ser consumido pelo outro, ou “...aqueles que podem ser parcelados entre diferentes indivíduos... e que cumprem esta relação  $X_j = \sum X_j^i$  ...” (Samuelson, 1954, p. 387). No caso dos “bens públicos”, esses princípios não podem ser aplicados porque não é possível nem desejável deixar de fora aqueles que se negaram a pagar por estes bens (defesa nacional, justiça, iluminação pública etc.), ou quando não é possível individualizar a quantidade consumida por cada um deles, ou “... aqueles bens dos quais todos podem se beneficiar em comum, no sentido que o consumo de cada indivíduo não significa a diminuição do consumo de outro indivíduo... Assim, as taxas  $X_{n+j} = X_{n+j}^i$  vale simultaneamente para cada um e todos os indivíduos e para cada bem consumido coletivamente...” (Samuelson, 1954, p. 387). No caso dos recursos naturais, pode-se, em princípio, aplicar o Princípio da Exclusão, embora nem sempre seja viável técnica ou economicamente (controlar e cobrar pela água, pela extração de frutos e animais silvestres, pela extração de árvores nativas ou pelos cenários naturais), e no caso da Rivalidade, existe a possibilidade de que a somatória de todos os consumos individuais, seja maior que o ótimo socialmente desejável ( $X_j < \sum X_j^i$ ), afetando, assim, as possibilidades de regeneração natural desses recursos e/ou afetando o bem-estar das gerações presentes e futuras.

<sup>17</sup> Em relação a isso, Krutilla & Fisher (1976) questiona que nas decisões sobre o consumo que afetam as dotações de recursos naturais que ficam para as gerações futuras só participem os indivíduos que estão vivos agora e, por isso, este esquema de alocação é ineficiente (porque se está prejudicando as gerações futuras). Em vista disso, se justificaria cobrar um preço e um imposto ao consumo presente que compensem as gerações futuras (1976, p. 65-9).



Neste cenário, pode não existir um único ponto, mas muitos pontos de equilíbrio do consumidor, visto que ele pode consumir tudo o que quiser de  $X_2$ , até se saciar em excesso ou até o esgotamento total do recurso, implicando, em ambos os casos, na dissipação e no uso inapropriado desses recursos.

Desde que a  $TMS = \frac{UMgx_1}{UMgx_2} = \frac{P_1}{P_2}$  e considerando o pressuposto de que

$P_2 = 0$ , tem-se:

$$\frac{P_1}{0} = \frac{UMgx_1}{UMgx_2} = \infty$$

O uso intensivo e sem limite desse recurso levará, no entanto, ao esgotamento progressivo dessas reservas, até que alguém (o governo ou o dono do recurso) fixe cupons de racionamento e/ou preços altos pelo pouco que ainda resta.

No segundo cenário, com  $P_2 > 0$ :

$$B = x_1 \cdot P_1 + x_2 \cdot P_2$$

Admitindo-se a hipótese da convexidade estrita das preferências do consumidor, existiria, neste caso, um só ponto de equilíbrio e maximização do bem-estar do consumidor (ponto de tangenciamento das curvas **U** e **B**), e as quantidades e preços

de consumo de  $x_2$  (assim como de  $x_1$ ) estariam refletindo os desejos e o poder de compra dos consumidores. Este segundo cenário exige, no entanto, que exista alguém (governo ou um proprietário do recurso) que fixe uma taxa de compra-venda e administre o uso e conservação das reservas dos recursos naturais.<sup>18</sup>

Ainda neste segundo cenário, se se simular que o preço  $P_2$  aumenta ou diminui, permanecendo inalterados a renda e o preço  $P_1$ , então a quantidade consumida de bem  $X_2$  diminuirá ou aumentará de conformidade com a disposição a pagar dos consumidores. Tem-se, neste caso, a curva de demanda individual, que relaciona este comportamento inverso entre preço e quantidade.

A disposição a pagar aparece, assim, regulada pelo mercado, e ela é aceita no caso dos bens comuns; porém no caso dos recursos naturais, que podem exigir a intervenção extra-mercado do governo, como se poderia, por exemplo, sustentar a existência da disposição a pagar? A respeito deste aspecto, existem muitos métodos indiretos para estimar a disposição a pagar dos consumidores, como se verá mais à frente, a maioria dos quais se sustenta nas seguintes hipóteses da economia do bem-estar (Desaigues e Point, 1990a, p. 270):

- As preferências individuais são o fundamento da maior ou menor apreciação dos benefícios derivados do seu uso.
- Os indivíduos são os melhores juízes de suas preferências.

---

<sup>18</sup> Esta taxa deveria refletir o valor e preço “sombra” dos recursos naturais; assim se concretizariam, de uma ou de outra forma, todos os conceitos de valor e preço que o pensamento econômico identifica de forma implícita ou explícita, como visto nos capítulos 1 e 2 deste trabalho. Entre estes conceitos estão, principalmente, o “custo de oportunidade” (o mais alto retorno que o recurso pode atingir em usos alternativos); o “custo de uso” (o mais alto dos retornos descontados que o recurso pode alcançar no seu uso em períodos futuros); o “custo de substituição” (montante necessário para pôr em funcionamento um substituto ao recurso natural, caso este se esgote ou perca suas propriedades de regeneração natural); o “custo de restauração” (quantia necessária para deixar o recurso idêntico ao seu estado inicial); o “custo sustentável” (combinação preço-quantidade que permita o máximo na regeneração natural do recurso). Os três primeiros têm aplicação geral, e os dois últimos, apenas para os recursos renováveis. Tudo isto estaria facilitado porque, atualmente, já quase não existem recursos naturais sem um proprietário ou uma autoridade que regule e cobre por seu uso. As Constituições e leis de muitos países assinalam que os recursos naturais são propriedade da coletividade, e sua administração confiada aos diferentes níveis da administração pública; até os recursos marinhos e minerais localizados nos mares e pólos estão sujeitos aos convênios e tratados internacionais.

Para a concretização estes conceitos, recorre-se à aplicação de questionários aos interessados ou prejudicados pelo uso / conservação destes recursos, formulando, em geral, as seguintes perguntas centrais (Johanson, 1987, p. 92-3):

- a) Suponha que a provisão de  $X_1$  se incremente de  $X_1^0$  a  $X_1^1$ . Qual seria sua disposição a pagar por este acréscimo?
- b) Suponha que o governo decida não incrementar a provisão de  $X_1$ . Qual a compensação mínima que você exigiria para se considerar numa situação semelhante àquela em que houvesse o acréscimo  $X_1$ ?

Segundo Johanson, na aplicação destes questionários, existem duas limitações: a primeira, é que os entrevistados não dão importância à sua verdadeira disposição a pagar, na esperança de obter um menor preço para estes bens, e a segunda, é que os consumidores exagerem em sua disposição a pagar, para assegurar uma maior oferta destes bens. De qualquer forma, como estas limitações se compensam, e existem técnicas para identificá-las e corrigi-las, estes métodos são grandemente utilizados, como se verá no capítulo subsequente.

Considerando-se as diferentes combinações das curvas de indiferença e as restrições orçamentárias e simulando mudanças na estrutura de preços do recurso natural, obtém-se a “curva da demanda” para um consumidor, seguindo os mesmos princípios da teoria convencional. Igualmente, para estimar a curva de demanda do conjunto do mercado, ter-se-ia que somar todas as demandas individuais na forma horizontal.

O grau de inclinação ou gradiente destas curvas de demanda depende de sua elasticidade-preço, quer dizer, de seu grau de sensibilidade ante as mudanças em seus preços correspondentes. Alguns recursos naturais (por exemplo, combustíveis) são essenciais e pelo menos a curto prazo não têm substitutos viáveis; a quantidade procurada de tais recursos será pouco sensível às mudanças nos preços, por isso diz-se que eles têm uma “baixa elasticidade-preço” ou que são “inelásticos”. Contrariamente, existem outros recursos ou serviços (por exemplo, visita aos parques públicos) que, aparentemente, não são essenciais ou que têm substitutos viáveis; a quantidade procurada dos mesmos será altamente sensível às mudanças nos preços correspondentes, por isso diz-se que eles têm uma “alta elasticidade-preço”, ou que são “elásticos”.

## 3.2. Teoria da produção

Esta teoria trata da organização da economia para a produção de bens e serviços, utilizando os fatores necessários, que podem ser próprios (custos implícitos) ou adquiridos de terceiros (custos explícitos).

A função de produção geralmente é assim representada:  $Q = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  em que Q representa a quantidade produzida de um bem ou serviço qualquer e os  $X_i$  são os fatores de produção, que podem ser o trabalho, o capital e os recursos naturais como a terra, a água, as florestas etc.

### O produto, os rendimentos decrescentes e os estágios da produção

Sucessivos acréscimos dos fatores  $X_i$  provocam sucessivos acréscimos no produto total, porém a taxas decrescentes e com as particularidades de cada função de produção. Isto é melhor explicado pela Lei dos Rendimentos Decrescentes, que diz: “...Um aumento do capital e do trabalho aplicado no cultivo da terra causa em geral um aumento menos que proporcional no montante do produto obtido...” (Marshall, 1890, Vol. I, p. 143). Esta lei é aceita como válida para todas as atividades econômicas, porque, caso contrário, “todo o alimento do mundo poderia ser cultivado em apenas um acre de terra”.

A teoria econômica convencional trata, com bastante detalhe, de simulação referentes a acréscimos de um ou outro fator, e de seus impactos correspondentes no produto total, produto médio (PMe) e produto marginal (PMg), sucessivamente (ver C. E. Fergunson, 1986, p. 165-71 ou R. S. Pindyck & D. L. Rubinfeld, 1991, p. 221-6). Neste sentido, ocorrem três estágios na produção, quais sejam:

- . Estágio I: quando  $PMg > PMe$
- . Estágio II: quando  $PMg < Pme$
- . Estágio III: quando  $PMg < 0$

A teoria econômica afirma que o ótimo na produção dá-se no interior do estágio II, visto que ali se maximiza o produto total do empreendimento, até um extremo em que  $PMg = 0$ . Se o fator variável é barato, passa-se a utilizar dele em maior quantidade, e inversamente, tudo no interior do estágio II.

Se os recursos naturais fossem bens livres, sem proprietários, e como tais não merecessem nenhum preço pelo seu uso e exploração, então eles passariam a ser usados ostensivamente, além dos limites ótimos assinalados, restringidos somente pelas taxas ou custos a se enfrentar.

Como exemplo de aplicação prática deste raciocínio, podem ser citados as aplicações de Miller (1978, p. 182-5) e Kafka (1981, p. 235-6) acerca do desaparecimento da baleia azul e da pesca em geral, respectivamente.<sup>19</sup> Comparando a produtividade média e a produtividade marginal dos pescadores ou navios que operam na pesca, diante do custo de oportunidade destes pescadores ou navios é possível deduzir normas de comportamento para esta atividade.

Deduz-se, da Tabela 1, que num ambiente de livre entrada e sem nenhuma restrição onde a tonelada de peixe tem um preço igual a um, o volume da extração dar-se-ia até um extremo  $PMe \rightarrow 0$ ; existindo alguma restrição, como um “custo de oportunidade” ou uma taxa ou licença de pesca (igual a 6, por exemplo), as unidades de pesca aumentariam até 15, porque até aí seu  $PMe = 6$  (ambos os casos estão localizados no estágio III). No caso de existir um espírito maximizador de lucros ou algum tipo de controle na entrada ou uma gestão empresarial, e assumindo a existência de um preço ou um salário ou uma taxa ou royalty a ser pago (igual a 6, por exemplo), o ótimo da extração iria se dar no ponto  $PMg = preço = 6$ , já que aí o excedente da produção é máximo. Este ótimo está no estágio II.

*Tabela 1: Os estágios de produção e o ótimo na extração da pesca*

---

<sup>19</sup> Na realidade, os antecedentes desta análise encontram-se nos trabalhos originais de H. S. Gordon (1954, p. 135-41) e A. Scott (1955, p. 117-8).

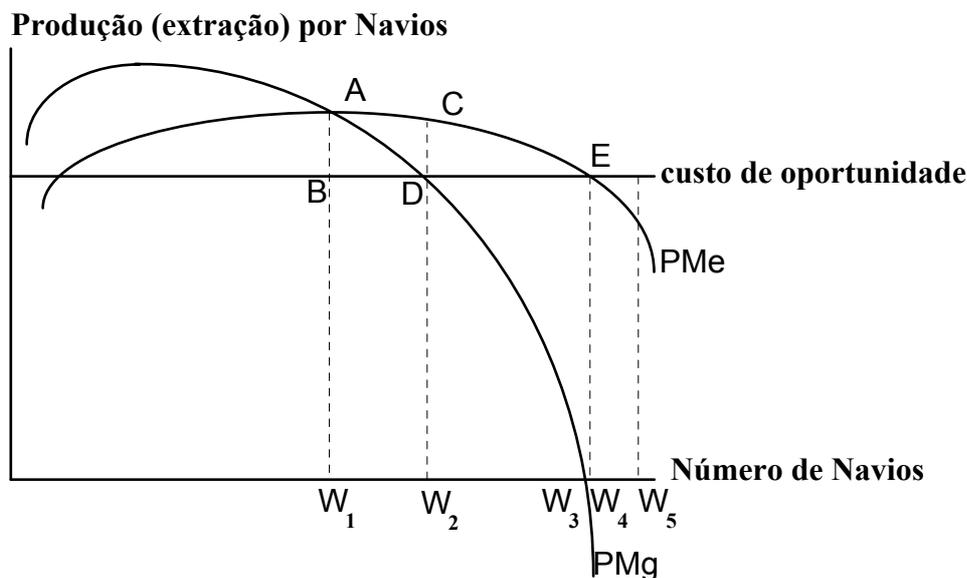
Unidades extrat. n° pesc. n° navios (1)	Extração total peixes toneladas (2)	Produto médio PMe (3) = (2) / (1)	Produto marginal PMg (4) = $\Delta$ (2) / $\Delta$ (1)	Custo de oportunidade, salário ou taxa para pescar (5) = (1) x 6	Excedente da produção (6) = (2) - (5)	Estágio da produção
1	5	5	-	6	-1	I
2	13	6,5	8	12	1	I
3	23	7,7	10	18	5	I
4	38	9,5	15	24	14	I
5	50	10	12	30	20	I
6	60	10	10	36	24	I
7	68	9,7	8	42	26	II
8	75	9,4	7	48	27	II
9	81	9	6	54	27	II
10	86	8,6	5	60	26	II
11	89	8,1	3	66	23	II
12	91	7,6	2	72	19	II
13	92	7,1	1	78	14	II
14	92	6,6	0	84	8	II
15	91	6,1	-1	90	1	III
16	88	5,5	-3	96	-8	III

Fonte: Elaborado com os dados de G. Stigler (1966, p. 130-1).

No Gráfico 6, pode-se ver, igualmente, que sem restrições de nenhuma espécie o número de pescadores ou navios passaria de  $W_5$ , sendo limitados somente pela licença a pagar ou pelo custo de oportunidade de ocupações alternativas para estes pescadores ou navios. Isto significa que, pela ausência de direitos de propriedade sobre o mar e os peixes, os pescadores e navios estariam operando no espaço do produto marginal negativo (estágio III), fato que não aconteceria num raciocínio ótimo. Em  $W_4$ , cada um dos pescadores ou navios ainda obteria o mesmo que em sua atividade alternativa, porém em  $W_5$  isto não ocorreria.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> No caso da entrada controlada,  $W_2$  é o ponto ótimo, porque se, por um lado, forem incrementadas as unidades extrativas de  $W_2$  a  $W_4$ , o produto obtido com a extração adicional seria igual ao triângulo  $W_2 W_3 D$ , importância inferior ao que eles ganhariam nas atividades alternativas ( $W_2 W_4 E D$ ); similarmente, se se postula reduzir as unidades de  $W_2$  a  $W_1$ , a quantidade da produção que se perderia por este fato ( $W_1 W_2 D$

Gráfico 6: A eficiência na pesca



Em conclusão, só a existência de uma política de controle sobre a propriedade, ou de um preço, taxa ou imposto pelo uso dos recursos naturais levaria a um uso mais racional dos mesmos, com vistas à sua conservação; na ausência disto, só a existência de um custo de oportunidade substancial, seja pela maior taxa de lucratividade nas outras atividades econômicas ou pela vigência do salário mínimo, evitaria o uso dos recursos em condições de total liberdade e irracionalidade (no espaço do produto marginal inferior ao custo de oportunidade), que poderia levar à exaustão destes recursos.

### O processo de otimização e os custos de produção

Considera-se que os recursos naturais são dádivas da natureza, em cuja composição não existe custo algum. No entanto, pela forma como aparecem na terra, eles

---

A) seria maior que a obtida nas atividades alternativas ( $W_1$   $W_2$  D B). Mais ainda, fixar o número de unidades antes de  $W_1$  (quando a  $PMg > PMe$ ) não seria aconselhável, porque neste espaço a curva do produto médio é crescente.

têm grande influência na estrutura dos custos das atividades inferiores da qual participam, e seu esgotamento ou desaparecimento criaria grandes perdas e danos à economia e ao meio ambiente. Assim sendo é preciso considerar quanto custaria recuperar ou restaurar estes bens (solos, bacias hidrográficas, florestas, pastos naturais etc.) ou quanto custaria a exploração de recursos marginais adicionais (minerais do fundo do mar, água potável de origem salgada etc.) ou, mais ainda, no caso de os já existentes não serem suficientes, estimar os custos de novos bens, que atuem como substitutos dos recursos tradicionais (petróleo pelo álcool, energia nuclear, xisto etc.).

Tendo em vista que a análise econômica, diferentemente da contábil, utiliza o conceito de “custo de oportunidade”, entendido como o valor de um recurso em seu melhor uso alternativo, em qualquer lugar do globo; <sup>21</sup> este deve ser o critério de avaliação dos custos, conforme apresentado a seguir:

Na economia existem dois fatores de produção, L e T:

L = força de trabalho

T = recurso natural ou terra

O produtor combina estes fatores da seguinte forma:  $Q = f(L, T)$ .

Se, por outro lado, se tem um montante de recursos CT para financiar a produção, quer dizer, para pagar o aluguel da terra  $r$  ou o salário do trabalho  $w$ , logo:

$$CT = w.L + r.T$$

O produtor faz a alocação dos recursos de modo proporcional à produtividade marginal que lhe proporciona o uso dos fatores produtivos e suas remunerações correspondentes. Caso o recurso não tenha nenhuma remuneração (por ser livre, de graça ou “abundante”), então este processo de otimização não se verifica, visto que cada produtor se utiliza à vontade desse recurso, sem se preocupar com custos,

---

<sup>21</sup> Este conceito de “custo de oportunidade” é bastante antigo; já J. S. Mill (1848, Vol. II, p. 42) assinalava que “... quando uma terra capaz de dar renda na agricultura é utilizada para outro fim, a renda que ela teria propiciado é um componente do custo de produção da mercadoria para cuja produção é empregada...”.

limites ou quaisquer restrições, o que pode levar à deterioração, esgotamento ou ao mau uso dos mesmos. <sup>22</sup>

Se em  $CT = w.L + r.T$ , o preço do recurso natural for zero, então:

$$CT = w.L + 0.T = w.L$$

$$TMST_{L \times T} = \frac{PMg_L}{PMg_T} = \frac{w}{0} = \infty$$

No Gráfico 7, mostra-se esta inconsistência de  $r = 0$ , que propicia que o tangenciamento entre as curvas  $CT = w.L$  e  $Q = f(L, T)$  se dê num extremo superior, onde supostamente  $PMg_T = 0$ , e como tal sua  $TMST = \infty$ . Esse seria, então, um ponto extremo de equilíbrio, onde se estaria usando intensivamente a terra. Além deste ponto, unidades adicionais de  $T$  não se justificam porque se passaria a obter um produto menor <sup>23</sup>.

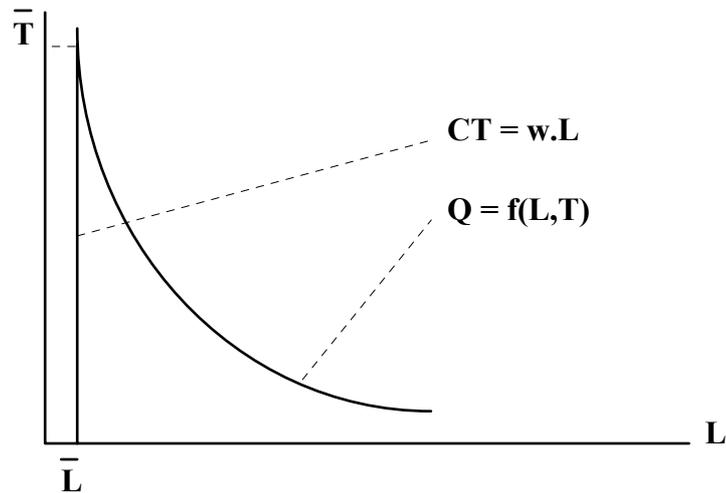
*Gráfico 7: Ausência de um ótimo quando  $r = 0$*

---

<sup>22</sup> Mais precisamente, a caracterização dos recursos naturais como bens livres, de preço zero, originaria estes fatos:

- a) alocação e utilização ineficiente dos recursos naturais, que se traduziria na produção de bens e serviços “subsidiados”;
- b) geração de lucros extraordinários em muitos setores, que monopolizam a propriedade e exploração destes recursos, e que naturalmente (sem os “subsídios” assinalados) só obteriam lucros normais;
- c) incentivo a tecnologias poupadoras de fatores e recursos que não sejam recursos naturais;
- d) a vigência simultânea dos itens anteriores aumentaria grandemente o uso e desperdício dos recursos naturais, ocasionando sua escassez crescente para o usufruto das populações que deles necessitam, especialmente para as gerações futuras.

<sup>23</sup> Isto indicaria, também, que para racionalizar o uso dos recursos naturais dever-se-ia cobrar um preço, aluguel ou renda por eles; mesmo no caso de não ser determinado pelo mercado, deveria aparecer por meio de um imposto. Sobre isto, Hotelling (1931, p. 143-5) espera que os governos participem do processo de extração dos recursos naturais, porque nestas atividades aparecem figuras de desperdício, imprevisão, lucros extraordinários etc., os mesmos que, diz ele, devem ser controlados e taxados com impostos, para assim maximizar o seu valor social.



### Os custos e o equilíbrio na produção

Os custos, considerados como pagamentos aos fatores produtivos apresentam-se em função do nível de produção correspondente, quer dizer, como custo total, custo médio (CMe) e custo marginal (CMg).

Segundo a teoria econômica convencional, a curva de custos médios de curto prazo ( $CMe_{CP}$ ), tem, usualmente, uma forma convexa ou forma de um U, porque, na parte inicial, ou de inclinação negativa, encontram-se os ganhos na produção resultantes dos rendimentos crescentes, assim como pelo sucessivo menor peso dos custos fixos. Na parte seguinte, de inclinação positiva, aparecem os rendimentos decrescentes da produção, que é muito maior em peso que o montante dos custos fixos médios.

Igualmente, a teoria econômica mostra que a longo prazo, quando se considera a possibilidade de aumentar o(s) tamanho(s) da planta e a escala de produção, aparecem ganhos de produtividade pelas economias de escala (tecnológicas ou pecuniárias) ou também as deseconomias de escala (perda da eficiência na

administração) bem como os que fazem abaixar os custos (economias de escala) ou aumentá-los (deseconomias de escala).<sup>24</sup>

As curvas de custo marginal de longo prazo ( $CMg_{LP}$ ) e custo médio de longo prazo ( $CMe_{LP}$ ) são de suma importância, porque elas, juntamente com as curvas de demanda correspondentes (preços de venda), permitem estimar o ponto de maximização dos lucros de uma firma em particular ou de uma indústria (somatória de todas as firmas), visto que, a curto prazo e para um mercado concorrencial, exige-se que o custo marginal iguale o preço de venda ( $CMg = \text{preço}$ ) ou, a longo prazo, que o custo médio seja igual ao preço ( $CMe = \text{preço}$ ).

No caso da exploração dos recursos naturais, existem indícios de que a curva de  $CMe_{LP}$  não tem forma de U, senão que ela é decrescente, particularmente no caso da mineração, petróleo e gás, já que se exige nessas atividades grandes investimentos iniciais e o peso das economias de escala é muito maior que as deseconomias de escala.<sup>25</sup> Por exemplo, Campbell e Scott (1980), num trabalho sobre a mineração na Austrália, mostram que as atividades mineiras estão sujeitas às economias de escala e, portanto, à  $CMg$  e à  $CMe$  decrescentes (p. 40-1 e p. 52).

Esta característica, da não convexidade da curva  $CMe$ , daria lugar a ganhos extraordinários e tendências à monopolização destas áreas da economia (Vinner, 1931, p. 192-6), que só seriam reduzidos por uma substantiva política tributária. Por outro lado, surgem problemas teóricos de como explicar o equilíbrio da empresa. Sobre isto, assiste-se, atualmente, a um debate entre os que negam e os que aceitam a existência deste equilíbrio. Entre os primeiros, estão Eswaran, Lewis e Heaps (1983), Mumy (1984) e Cairns (1992) e entre os segundos, encontram-se Kimmel (1984) e Asheim (1992).

---

<sup>24</sup> É de se advertir que neste caso está-se utilizando a definição de economia e deseconomia de escala em termos do comportamento dos custos, e não aquela definição em que se mantém fixa a proporção dos fatores (conforme, por exemplo Debreu, 1959, p. 40-1).

<sup>25</sup> No entanto, também existem posições contrárias a isto, que indicam que os custos médios e os preços são continuamente crescentes (Swierzbinsky & Mendelsohn, 1989; Sadorsky, 1991; Moazzami & Anderson, 1994).

## Externalidades

Este tipo de fatos criam efeitos adicionais no conjunto da economia, porque aparecem diferenças entre os benefícios e custos, privados e públicos, obrigando muitas vezes à intervenção do governo, para que, por intermédio das regulamentações, impostos ou subsídios, sejam feitas os devidos ajustes, procurando sempre evitar um dano maior (Coase, 1960).

No caso dos recursos naturais, existem muitos exemplos de externalidades negativas, tais como:

- 1) A contaminação atmosférica, que produz, entre outros, as chuvas ácidas e o espalhamento de poluentes de todo tipo, provocando grandes danos na flora e na fauna terrestres, em geral, e nos solos agrícolas em particular. William Kapp cita perdas das colheitas por essa razão, em níveis que variam entre 10% e 90% (1950, p. 72). Em geral, e como diz J. B. Galvão Filho (apud. Margulis, 1990, p. 42), "... A chuva ácida vem contribuindo para a destruição... suspeita-se de seus efeitos adversos na agricultura e nas florestas, que, todavia, não foram ainda completamente documentados..."
- 2) A escassez da água doce, para consumo urbano - industrial e uso agrícola -, somados à crescente contaminação e deterioração, condena a humanidade a um déficit crescente deste recurso assim como a enfrentar maiores custos para sua obtenção ou recuperação. Segundo Kapp, uma média de 4% do Valor Bruto da Produção Industrial deve ser gasto para recuperar as águas servidas urbanas (p. 103) ou, de outra maneira, ter-se-ia que destinar entre 40-50 centavos de dólar para tornar potável 4.500 litros de água marinha (p. 88).
- 3) A pesca, o pastoreio e o desmatamento de bosques (todos de propriedade comum), de forma indiscriminada e total, coloca em perigo a sobrevivência destas espécies, pois prefere-se obter hoje um montante pequeno, porém líquido, pela exploração destes recursos, diante das possibilidades de um maior valor atual líquido, porém de retornos futuros, afetando, dessa forma, os interesses da atual e das futuras gerações (Samuelson & Norhaus, 1988, p. 754-6).

Entre as poucas externalidades positivas tem-se os efeitos do progresso, do desenvolvimento científico e tecnológico e uma melhor e maior infra-estrutura viária e de telecomunicações, que possibilitam o inventário, o estudo e a regulamentação do uso e conservação dos recursos naturais em geral, além de possibilitar o surgimento de novas atividades que não afetam a preservação destes recursos, como o turismo paisagista e os esportes de aventura.

Igualmente, o desenvolvimento científico e tecnológico e um maior processo de capitalização permitem o uso de menores proporções de recursos / produto e/ou resíduos / produto, facilitando, assim, a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral.

Nestes casos, deve ser aplicada uma política de impostos / subsídios que penalize / incentive as externalidades negativas / positivas, contra / a favor do mau / bom uso e conservação dos recursos naturais.

As curvas de custos citadas anteriormente (custos médios e custos marginais) seriam afetadas em proporção aos danos/benefícios existentes e pela correspondente política de impostos/subsídios aplicada. No caso das externalidades negativas (que seriam afetadas por impostos), as curvas de custos seriam puxadas para cima, à esquerda, e no caso das externalidades positivas (que seriam beneficiadas com um subsídio), as curvas de custos seriam puxadas para baixo, à direita.

### **Custo de Uso <sup>26</sup>**

O custo de uso é igual ao valor da melhor utilização de um bem, que, por sua vez, significa um melhor valor e preço para o mesmo, ante usos alternativos, ao longo do tempo. Este conceito exige três condições:

- a) Que seja possível transladar ou pospor a utilização destes bens;

---

<sup>26</sup> Este conceito se sustenta nos trabalhos de Keynes (1935, p. 55-60), Lewis (1949, p. 9-11), Lutz (1951, p. 56-64) e Scott (1953, p. 368-84).

- b) Que estes bens sejam escassos;
- c) Que uma maior utilização deles signifique uma menor disponibilidade posterior e, portanto, um maior preço de oferta <sup>27</sup>.

Estas qualificações valem para os recursos naturais em geral, com especial ênfase para os recursos não renováveis.

Especificamente, o custo de uso total seria igual à variação ou perda da somatória de todos os ganhos líquidos possíveis e previstos pela exploração dos recursos naturais, em períodos futuros; neste caso, devidamente descontados. Na Tabela 2 apresenta-se uma planilha simulada das possibilidades de utilização de uma reserva de 10 milhões de toneladas de um recurso natural qualquer (nióbio, por exemplo), cujo melhor uso amanhã significa, hoje, um valor atual líquido (VAL) de um milhão de unidades monetárias; caso se decida explorar hoje 1 milhão de toneladas, a reserva ver-se-ia reduzida a 9 milhões de toneladas e isto significaria uma menor oferta e acréscimo do VAL (890 mil unidades monetárias adicionais), e assim sucessivamente. Na última coluna aparece o custo de uso marginal, que também seria crescente. Este último valor será o montante adicional a considerar para fins de fixar o preço de venda dos recursos naturais.

*Tabela 2: O custo de uso de um recurso natural*

Volume da reserva (milhões toneladas)	Preço futuro líquido, unitário e descontado (unidades \$)	VAL da receita futura (milhões \$)	Quantidade extraída e vendida hoje (milhões t)	Preços unitários de venda hoje (unidades \$)	Receita potencial pela quantidade extraída (milhões \$)	Receita real pela quantidade extraída (milhões \$)	Perdas ou Custo de Uso (milhões \$)	Custo de Uso Marginal (unidades \$)
(1)	(2)	(3) = (1) (2)	(4)	(5)	(6) = (4) (2)	(7) = (4) (5)	(8) = (6) - (7)	(9) = Δ (8)
10	0,10	1,00	1	0,09	0,10	0,09	0,010	—
9	0,21	1,89	1	0,09	0,21	0,09	0,012	0,11
8	0,33	2,64	1	0,09	0,33	0,09	0,024	0,12
7	0,46	3,22	1	0,09	0,46	0,09	0,037	0,13

<sup>27</sup> De acordo com Keynes (1935, p. 59) "...À medida que o excedente diminui, o custo de uso eleva-se gradualmente; e a diferença entre o valor marginal e o valor médio dos custos de fatores e de uso pode, também, aumentar gradualmente..."

6	0,61	3,66	1	0,09	0,61	0,09	0,052	0,15
5	0,77	3,85	1	0,09	0,77	0,09	0,068	0,16
4	0,95	3,80	1	0,09	0,95	0,09	0,086	0,18
3	1,14	3,42	1	0,09	1,14	0,09	0,105	0,19
2	1,36	2,72	1	0,09	1,36	0,09	0,127	0,23
1	1,59	1,59	1	0,09	1,59	0,09	0,150	0,45

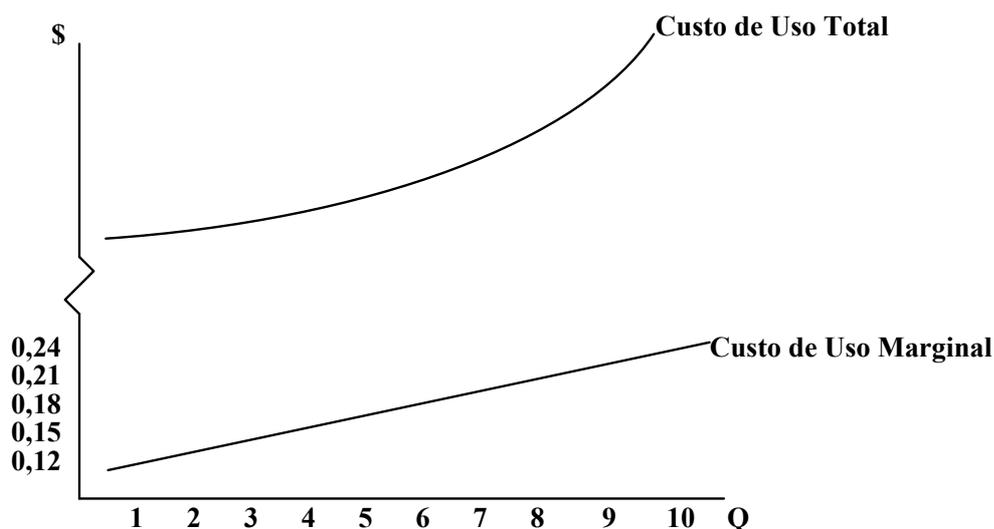
Fonte: *Elaboração própria*

No Gráfico 8 vê-se que tanto a curva de custo de uso total como a curva de custos de uso marginal observam uma inclinação positiva, conforme são extraídas unidades adicionais do recurso.<sup>28</sup>

*Gráfico 8: Curvas do custo de uso e do custo de uso marginal*

---

<sup>28</sup> Atualmente, já existem algumas estimações sobre o custo de uso dos recursos naturais. Veja-se, por exemplo, Pindyck e Rubinfeld (1991, p. 738), para o petróleo, gás, urânio, cobre, bauxita e níquel.



No entanto, nem sempre estas curvas têm inclinação positiva. Scott cita o caso de uma plantação florestal que precisa de poda e corte e onde a extração, hoje, significaria uma maior reserva (oferta) no futuro e, como tal, menor custo de uso; <sup>29</sup> neste caso, ambas as curvas teriam inclinação negativa. O próprio Scott, em um trabalho posterior sobre a pesca, indica que se o volume do desembarque atual não afetasse a biomassa da espécie (ou, mais precisamente, os desembarques futuros), não existiriam custos de uso a considerar; <sup>30</sup> isto quer dizer que permanecendo constante o volume da reserva o valor atual também permanecerá constante e, conseqüentemente o custo de uso marginal seria zero.

Certos autores negam a importância do custo de uso, como no caso de M. A. Adelman (1971, citado por Lecomber, 1979, p. 55), para quem "... o custo de uso não é um conceito útil porque ele assume um preço futuro desconhecido, que deveria ser calculado hoje..." No entanto, o próprio Lecomber reitera que o custo de uso só perderia

---

<sup>29</sup> Scott (1953, p. 373) "...Se considerarmos uma plantação florestal com necessidades de poda e corte, veremos que a produção corrente adicional não somente produzirá uma receita adicional, senão também adicionará retornos futuros; assim, quanto maior a taxa corrente de produção, maior será a produção futura. Ou seja, a curva de custo de uso terá inclinação descendente..." (tradução pessoal).

<sup>30</sup> Para Scott (1955, p. 123) "...Se a extração não afeta a população (ou mais precisamente, a extração futura), não há custo de uso..." (tradução pessoal).

importância caso se tivesse uma visão otimista do futuro (altos níveis de progresso técnico e menores custos de extração) e, paralelamente, a previsão de um nível crescente da taxa de juros.

### **3.3. Maximização dos lucros**

Numa economia concorrencial, em que os preços dos bens finais e dos fatores produtivos estão dados, a maximização dos lucros, segundo a literatura convencional, exige como condição necessária que a produção atinja um nível em que o custo marginal se iguale ao preço de venda do produto, para o caso de uma única firma; no caso do conjunto da economia, isto significa igualar a oferta e a procura agregada.

A literatura econômica diz também que a curva de oferta para uma empresa em particular, que produz um bem  $x$ , seria igual ao custo marginal para produzir este bem, e que a curva de oferta do conjunto do mercado seria resultado da somatória das curvas de oferta individuais (Pindyck & Rubinfeld, 1991, p. 336-8).

Numa economia monopolizada, em que esta empresa particular simboliza o conjunto da economia, e dado que ela é a única ofertante, o preço se fixa num ponto máximo que o consumidor está disposto a aceitar, e a produção se fixa num ponto que maximiza os lucros do monopolista, quer dizer, no nível em que a receita marginal é igual ao custo marginal.

Comparando o ambiente concorrencial com o monopolizado, percebe-se que, no último, produz-se menos e cobra-se mais. Isto quer dizer que se a exploração dos recursos naturais ou de bens que utilizam um alto componente de recursos naturais é confiada às empresas monopolistas, conseguir-se-ia uma menor produção e uma maior conservação destes recursos.<sup>31</sup>

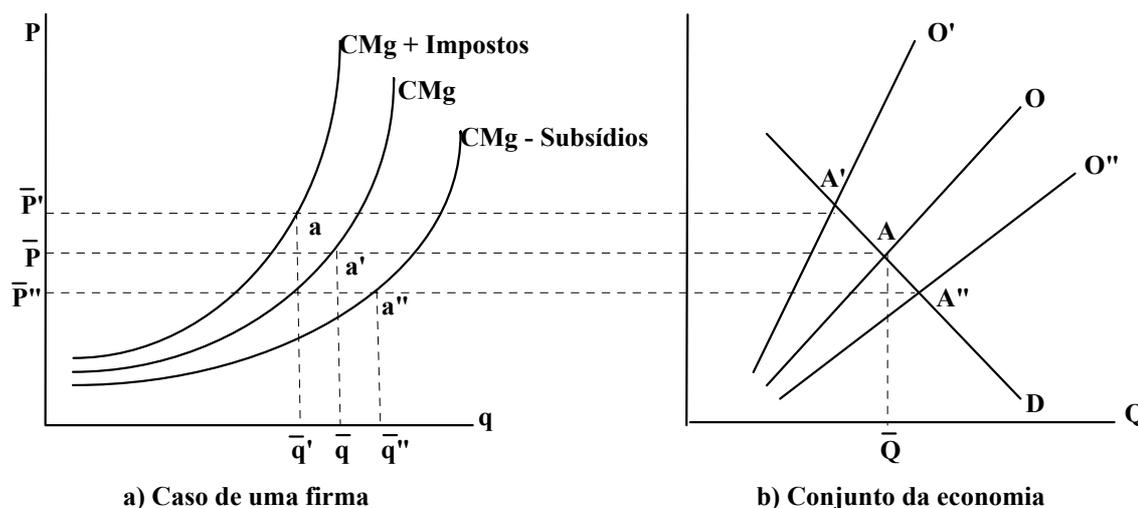
---

<sup>31</sup> No entanto, no monopólio, a receita líquida é maior e, como tal, também a renda pela exploração dos recursos naturais, enfrentando assim qualquer política de equidade e eficiência. Mais adiante, ao se abordar a análise dinâmica, serão dadas outras referências sobre este assunto.

Agora, se se aceita que os recursos naturais são bens cuja regulamentação e cuidado competem ao governo, é necessário então pensar-se numa política fiscal que permita zelar por sua racional exploração.

Isto significa que nos casos de livre acesso ou propriedade comum, dos custos decrescentes, das externalidades negativas e do custo de uso crescente, deveria haver impostos que permitissem compensar aqueles que fossem afetados com o esgotamento ou deterioração dos recursos; nos casos de externalidades positivas e custo de uso decrescentes, deveria haver um sistema de subsídios que permitisse adicionar este acréscimo ou melhoramento aos ativos naturais. Em ambos os casos, a proporção dos impostos e subsídios seria crescente em relação à quantidade dos recursos naturais explorados. No Gráfico 9 apresenta-se a forma corrigida do processo de maximização em concorrência.

Gráfico 9: Maximização corrigida dos lucros



O preço de oferta dos bens que utilizam recursos naturais em sua composição deveria considerar a seguinte igualdade:

$$\text{Preço} = \text{Custo marginal de fatores} + (\text{Impostos} - \text{Subsídios})$$

Isto significa que quando, no conjunto da economia, decide-se colocar impostos/subsídios pelo uso dos recursos naturais, a quantidade utilizada destes recursos

diminui/aumenta segundo os casos; quer dizer, o que importa é ter uma política fiscal para regular o uso racional dos recursos naturais.

### **3.4. Demanda derivada e remuneração dos recursos naturais**

Antes de tratar da remuneração dos recursos naturais como um fator a mais do processo da produção, julga-se conveniente apresentar o conceito de “demanda derivada”, que é básico para o item subsequente.

#### **Demanda derivada**

A demanda pelos recursos naturais como fatores ou insumos do processo da produção deveria ser obtida como uma derivada da demanda do bem final em que eles participam; isto é conhecido por “demanda derivada”. Este conceito é muito antigo, pois suas origens remontam a Cournot (1838) e Gossen (1854), existindo atualmente uma farta literatura sobre o assunto.<sup>32</sup> Contudo, desconhece-se a existência de ensaios empíricos envolvendo o tema.

Segundo Menger, os bens econômicos se dividem em bens de ordem inferior (prontos para o consumo humano) e bens de ordem superior (que servem para preparar os bens de ordem inferior). Segundo ele, o valor dos bens superiores depende do valor dos bens inferiores dos quais eles participam, e como os recursos naturais são considerados bens superiores, a determinação do valor destes estaria determinado por

---

<sup>32</sup> Um apanhado sobre a “demanda derivada” e a literatura existente a respeito foi elaborado por J. K. Whitaker, em “The New Palgrave. A Dictionary of Economics”, London: Macmillan, 1988, p. 813-4.

este mecanismo.<sup>33</sup> Similarmente, Marshall considera que o “valor atribuído” ou o “valor derivado” explica a procura por matérias-primas ou os fatores da produção.<sup>34</sup>

Neste sentido, a curva da demanda derivada pelos recursos naturais poderia ser construída, assumindo-se que no processo da produção de um bem final Q participam os recursos naturais T e outros fatores L, e que existe equilíbrio competitivo neste mercado, e permanecendo tudo o mais numa situação “ceteris paribus”.

Tem-se, assim, que:

$$Q = f(T, L) \quad \text{Função de Produção}$$

$$P_q^s = R^s + W^s \quad \text{Preço de Oferta}$$

$$P_q^d = R^d + W^d \quad \text{Preço de Demanda}$$

onde:

$P_q^s$  = preço de oferta do bem final

$P_q^d$  = preço de demanda do bem final

$R^s$  = renda ou remuneração de oferta do recurso natural necessário para produzir uma unidade do produto final

---

<sup>33</sup> Para Carl Menger (1871, p. 318) “...O valor das terras é estimado com base no valor previsível da utilização que delas se faz, e não vice-versa...”

<sup>34</sup> Segundo Alfred Marshall (1890, Vol. II, p. 58) “...a tabela de procura de qualquer fator da produção de uma mercadoria pode ser derivada da relativa à mercadoria, subtraindo-se do preço de procura de cada quantidade separada da mercadoria a soma dos preços de oferta das quantidades correspondentes dos outros fatores...”

$R^d$  = renda ou remuneração de demanda do recurso natural

$W^s$  = remuneração de oferta dos outros fatores produtivos

$W^d$  = remuneração de demanda dos outros fatores produtivos

Se, paralelamente, se aceita que:

- a) para elaborar uma unidade Q são necessárias quantidades iguais de T e L desde as suas respectivas unidades;
- b) o preço de oferta  $R^s = 1/2W^s$  ;
- c) condições fixas de demanda de Q, e condições fixas de oferta de L;

logo, tem-se então:

i) o preço máximo  $P_q$  , que poderia ser obtido por Q é dado por sua curva de demanda, e

ii) o preço máximo R por cada unidade de recurso natural T (ou pelos serviços de cada unidade destes) seria igual ao máximo  $P_q^d$  menos o mínimo  $W^s$  , que se teria que pagar aos outros componentes, em cada nível de produção. <sup>35</sup>

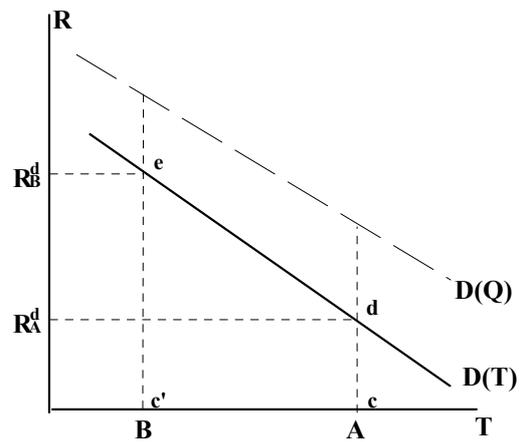
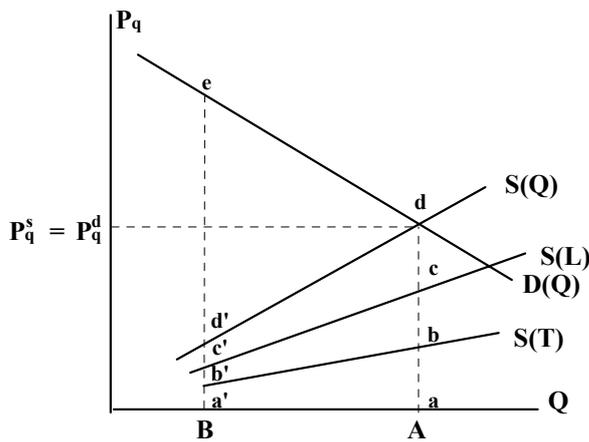
Para melhor visualização é construída no Gráfico 10 a demanda derivada para T, como a diferença vertical entre a demanda por Q e a oferta por L.

*Gráfico 10: Oferta e demanda conjunta  
do bem final Q*

*Gráfico 11: Demanda derivada do  
recurso natural T*

---

<sup>35</sup> Este raciocínio é baseado em Marshall, quando este trata da demanda direta de casas, que dá origem à procura de outros fatores, entre eles os estucadores, ou quando apresenta o caso da demanda de facas, com seus componentes de lâminas e cabos (1890, Vol. II, p. 57-9). Igualmente, em Milton Friedman, quando o autor trata da demanda de canivetes e seus componentes de cabos e lâminas (1962, p. 169-71).



No ponto A do Gráfico 10 tem-se:

máximo  $P_q^d = \overline{ad}$  e mínimo  $W^s = \overline{ac}$

logo:  $R_A^d = \overline{ad} - \overline{ac} = \overline{cd}$

Similarmente, no ponto B tem-se:

máximo  $P_q^d = \overline{a'e}$  e mínimo  $W^s = \overline{a'c'}$

logo:  $R_B^d = \overline{a'e} - \overline{a'c'} = \overline{c'e}$

Se estes valores de  $R_A^d$  e  $R_B^d$ , correspondentes aos segmentos  $\overline{cd}$  e  $\overline{c'e}$ , leva ao Gráfico 11, tem-se a demanda derivada para T.

Em relação à elasticidade-preço da curva de demanda derivada, Marshall (1890, vol. II, p. 57-61) estabeleceu os seguintes princípios para se entender quando um fator ou insumo oferecido (neste caso, um recurso natural) pode ter influência muito grande na estrutura do preço do bem final (demanda inelástica):

- 1º) O fator é essencial para a produção do bem final e não existe um substituto disponível.
- 2º) A procura do bem final é rígida e inelástica, de modo que uma restrição em sua oferta leva os consumidores a oferecer um preço muito maior por ele.
- 3º) A participação do fator na estrutura de custos do bem final é apenas uma pequena parte dela.

4º) Uma queda na quantidade procurada do fator leva a uma baixa considerável nos preços de oferta dos outros fatores de produção, deixando, assim, uma margem considerável de recursos para pagar um preço alto pelo fator considerado.

Correlacionando estas referências com as características de muitos recursos naturais percebe-se que a demanda derivada desta parece ser, em geral, inelástica.<sup>36</sup>

Paralelamente, a estrutura da oferta dos bens, nos quais participam os recursos naturais, tem uma grande influência na determinação dos preços e quantidades dos recursos naturais correspondentes; na definição desta estrutura considera-se a localização, qualidade e os custos de extração e transformação destes recursos. Quanto maiores e crescentes forem estes custos, mais inclinada será a curva de oferta correspondente (curva de oferta inelástica ou de baixa elasticidade) e vice-versa.

### **Remuneração dos recursos naturais**

A literatura convencional estabelece que num sistema concorrencial a interação conjunta e simultânea da oferta e da demanda agregada dos bens finais e seus fatores produtivos fixa os preços e quantidades de cada um deles; neste caso dos recursos naturais, como fatores da produção.<sup>37</sup>

No caso da **demanda** dos recursos naturais, foi visto como a demanda derivada explicaria este fato em nível de cada produto ou bem final em que eles participam. Porém, até que ponto a empresa adquirirá recursos naturais (ou alugará os

---

<sup>36</sup> G. Robinson Gregori (1972, p. 148-64) cita várias referências empíricas que comprovam esta afirmação da inelasticidade, para o caso da madeira em seus diferentes usos.

<sup>37</sup> Esta seção foi desenvolvida com base em Show e Burton (1972, p. 458-81) e Watson e Holman (1977, p. 398-415).

seus serviços)? A empresa contratará uma unidade adicional de recurso natural, até que seu custo por aquela unidade ( $CM_gT$ ) seja igual que a receita resultante ( $RM_gT$ ) daquela contratação.

Utilizando a mesma simbologia dos itens anteriores, tem-se:

A empresa adquirirá T até que  $CM_gT = RM_gT$

$$\text{Porém } CM_gT = \frac{\Delta CT}{\Delta T} \text{ e } RM_gT = \frac{\Delta RT}{\Delta T}$$

$$\text{Disto resulta que: } \frac{\Delta RT}{\Delta T} = \frac{\Delta RT}{\Delta Q} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\text{Quer dizer: } R = RM_g \cdot PM_g T$$

$$\text{Em concorrência } R = P^d \cdot PM_g T$$

Ou seja, a remuneração dos recursos naturais (terra, neste caso) será igual ao preço de venda do produto final em que ele participa ( $P^d$ ) vezes a produtividade marginal da terra. Se a produtividade marginal da terra é decrescente conforme unidades adicionais dela entrem na produção, tem-se então uma curva de demanda decrescente. No conjunto da economia, a curva de demanda por recursos naturais será a somatória de todas as demandas individuais de todas as unidades produtivas.

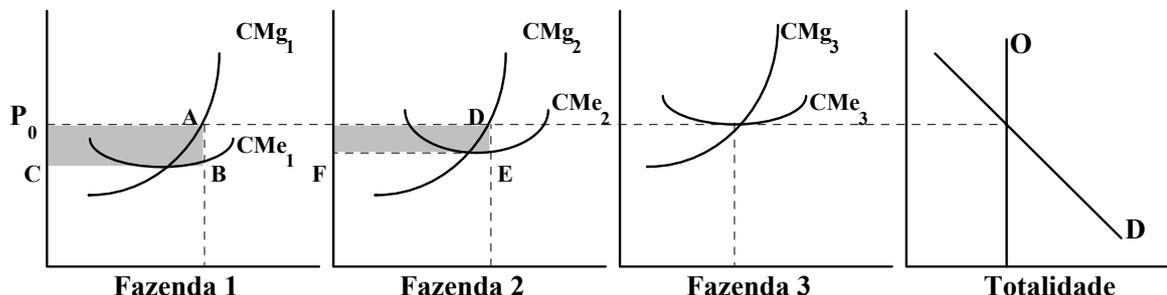
A **oferta** dos recursos naturais em nível individual pode ser entendida como as possibilidades que se têm para conseguir maiores quantidades de tais recursos, enfrentando seus maiores preços. À medida que os recursos naturais são escassos e esgotáveis, ter-se-á uma curva de oferta de inclinação positiva e relativamente rígida. No entanto, em nível agregado, desde que as disponibilidades destes recursos sejam limitadas (como as terras para cultivo), a curva da oferta será muito mais rígida ou completamente rígida, segundo os casos; neste último caso (completamente rígida), qualquer unidade adicional de recurso será conseguido somente deslocando-a de outros usos e a preço maior, aumentando a renda da escassez.

Em geral, os recursos naturais que possuem os atributos de serem raros, essenciais, sem substitutos viáveis e que têm custos elevados e crescentes de extração e transformação são bens que têm baixa elasticidade de oferta e/ou procura, e, como tais,

qualquer mudança na oferta ou demanda dos mesmos, significa uma grande oscilação em seus preços correspondentes; por isso, diz-se que eles são valiosos (diamante, petróleo) e sempre existirá interesse por seu consumo, extração e transformação, mesmo que estejam nos lugares mais distantes e inacessíveis. Ao contrário, os recursos naturais que não têm tais atributos, são bens de alta elasticidade de oferta e/ou procura, e têm preços baixos (materiais de construção e água, em alguns lugares).

No caso específico da exploração dos recursos naturais com diferentes estruturas de custo, como no caso da terra agrícola, tais diferenças dão lugar a ganhos extraordinários (renda diferencial), que não podem ser afastadas por concorrência. No Gráfico 12, observa-se, na Fazenda 1, a existência de um sobrelucro  $P_0ABC$ , que é superior ao similar da Fazenda 2 ( $P_0DEF$ ). A Fazenda 3 é a unidade marginal que define o nível do preço  $P_0$  do conjunto do mercado. Assume-se que as curvas de custos marginais são iguais nos três anos analisados e que as diferenças nos custos médios aparecem porque existem diferenças na localização e/ou na fertilidade da terra.

Gráfico 12: As rendas diferenciais e o preço agrícola



No caso das fazendas 1 e 2, se as terras que apresentam rendas diferenciais fossem alugadas ou vendidas, estas passariam a ser parte dos custos médios, porém isto não modificaria em nada as curvas de custo marginal nem teria qualquer influência na determinação dos preços finais agrícolas. A isto se refere Ricardo

(1817, p. 70) quando diz que “a renda da terra não entra na composição do custo e do preço dos produtos agrícolas.”<sup>38</sup>

Em suma, a remuneração dos recursos naturais num ambiente concorrencial é determinada pela interação conjunta e simultânea da demanda e da oferta agregada dos mesmos. No caso da demanda, considera-se, particularmente, a “demanda derivada” respectiva e a produtividade, que na exploração dos mencionados recursos pode ser atingida, e no caso da oferta, depende da escassez e do grau das rendas diferenciais existentes para cada um deles.<sup>39</sup>

### **3.5. Análise dinâmica: o valor e a produção no tempo**

Alguns recursos naturais, como os não renováveis (minerais, petróleo, carvão e gás) e alguns renováveis (terras, pastos naturais, florestas), podem ser explorados e aproveitados em sua totalidade, no presente ou no futuro, sem maior perda de sua quantidade ou qualidade que os derivados de seu próprio uso; outros recursos renováveis (pesca, pastos naturais e florestas) apresentam a vantagem de sua

---

<sup>38</sup> Samuelson & Nordhaus (1988, p. 748-9) esclarecem isso, chamando-o de “sofisma da composição”. Dizem eles que, efetivamente, para o conjunto da economia “a renda não entra no custo de produção”, porém, para um produtor rural que tem que enfrentar esta despesa, deve-se considerar a renda como parte de seus custos de produção.

<sup>39</sup> Entretanto, deve-se considerar a existência de algumas restrições teóricas e práticas para a absoluta aceitação desta forma de abordar os preços e rendas, desde as próprias limitações da teoria econômica (W. Kapp, 1950, 1971a e 1971b), até as imperfeições do mercado (F. Bator, 1958) e os casos específicos do mundo dos recursos naturais. Com enfoque nestes aspectos, Anderson & Bojo (1991, p. 15-20) enumeram algumas limitações para o caso das florestas, que facilmente podem ser estendidas ao resto dos recursos naturais. Anderson & Bojo citam as peculiaridades existentes hoje em dia no mercado internacional de capitais (escassez e altos juros), diante das dificuldades dos países em desenvolvimento (pesadas dívidas externas e crescentes déficits em suas contas externas), que acabam priorizando a extração e exportação de seus recursos naturais, sem qualquer limite. Igualmente, os autores citam que a crescente abertura das economias e os incentivos competitivos para os investimentos diretos poderiam se traduzir em investimentos maciços das corporações multinacionais, que passariam a dar especial destaque à extração dos recursos naturais (que se torna crítica quando se postulam altos níveis de operação para reduzir custos médios e/ou quando se controlam estoques e preços entre a sede e as filiais). Em ambos os casos, se deterioram as reservas e os preços dos recursos explorados.

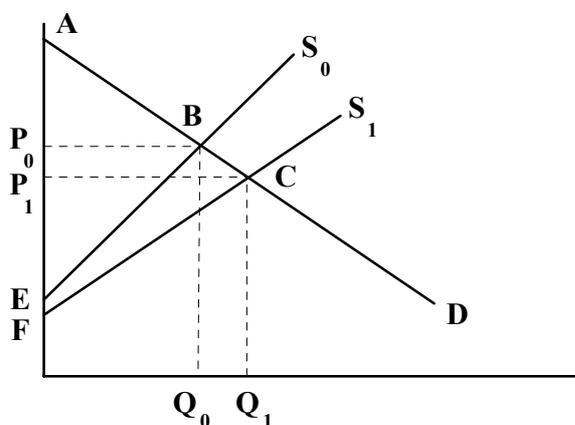
Efetivamente, estudos empíricos recentes, tais como os de Leon & Soto e de Nonnenberg, estariam dando razão às afirmações anteriores de Anderson & Bojo. Leon & Soto (1995, p. 182-4) mostram como os termos de intercâmbio do conjunto dos países da América Latina, sofreram uma deterioração de 18% no período 1983-1993 (Brasil teve uma queda de 15% neste período). Igualmente, Nonnenberg (1995, p. 398) conclui que as vantagens comparativas da economia brasileira não se sustentam nos seus baixos salários, senão no uso intensivo dos seus recursos naturais.

permanente renovação natural, desde que observados alguns cuidados mínimos como a conjugação ótima entre seus ciclos biológicos de regeneração e os montantes e datas de extração.

As decisões sobre quando fazer a extração destes recursos, e em que montante, devem-se sustentar numa análise que contemple a maximização dos benefícios que possam ser obtidos em cada um dos cenários possíveis, fato este que também influirá no valor e no preço dos recursos naturais.

Num ambiente de economia estática e frente às possibilidades que significam menores custos ou maior oferta de um bem qualquer, por maximização dos benefícios líquidos deve-se entender os acréscimos no excedente do consumidor e do produtor, na forma em que aparecem no Gráfico 13a.

Gráfico 13a: *Benefício social total*



Excedente do consumidor inicial =  $ABP_0$

Novo excedente do consumidor =  $ACP_1$

Ganhos no excedente do consumidor <sup>40</sup> =  $ACP_1 - ABP_0 = P_0BCP_1$

Excedente do produtor inicial =  $P_0BE$

Novo excedente do produtor =  $P_1CF$

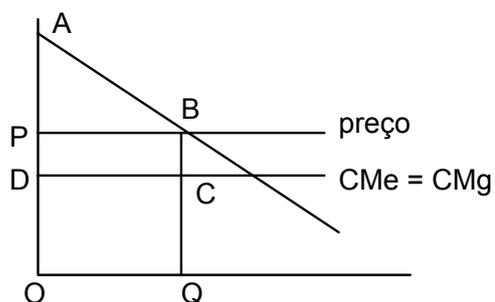
Ganhos no excedente do produtor =  $P_1CF - P_0BE$

Ganhos no excedente total ou benefício social adicional =  $P_0BCP_1 + P_1CF - P_0BE = EBCF$

<sup>40</sup> Esta forma de apresentar o excedente do consumidor obedece ao raciocínio marshalliano. No entanto, deve-se ressaltar que Hicks (1943) corrigiu este conceito, adicionando-lhe o conceito de renda constante, e a partir daí define novos conceitos do excedente do consumidor (o excedente compensado e o excedente equivalente, antes e depois de uma mudança), conceitos estes que são totalmente aceitos na literatura econômica, porém cujos cálculos, na prática, são mais difíceis. Alan Randall (1987, p. 244) considera que para fins práticos "... a medida marshalliana é uma aceitável aproximação da medida hicksiana". Por estas razões, no decorrer deste trabalho só se utilizará o conceito marshalliano.

Num ambiente de economia dinâmica e frente às possibilidades de usos sucessivos de um recurso natural qualquer, com custos médios e marginais constantes ao longo do tempo, por maximização dos benefícios sociais, deve-se entender à somatória dos excedentes do consumidor e do produtor em cada um dos cenários possíveis (devidamente descontados). No Gráfico 13b, aparece isto, para o primeiro cenário, por exemplo.

Gráfico 13b: *Benefício social total com custos constantes*



Excedente do consumidor = ABP  
 Excedente do produtor = PBCD  
 Benefício social total = ABP + PBCD

A maximização destes excedentes pode ser medida por meio do conceito de “valor atual”, que considera os ganhos vindouros dos diferentes períodos nas alternativas consideradas, devidamente descontadas ao valor presente.

$$VAL = \sum \frac{B_{it} - C_{it}}{(1+r)^t}$$

onde, para o caso dos consumidores:

$B_{it}$  = máxima disposição a pagar pelo uso dos recursos naturais (parques naturais, água potável, petróleo etc.);

$C_{it}$  = custos de aquisição ou preço pago pela aquisição e reparos destes serviços, se houver

e para o caso dos produtores:

$B_{it}$  = benefício ou valor de venda do bem  $i$  no período  $t$ , que, por sua vez, significa  $B_{it} = P_{it} \cdot q_{it}$ ;

$C_{it}$  = custo de extração. <sup>41</sup>

e em geral:

$r$  = taxa de desconto. <sup>42</sup>

Então, para estimar o excedente do consumidor e o excedente do produtor tem-se que estimar os valores correspondentes à superfície ou área assinalada nos gráficos 13a e 13b, respectivamente, ano a ano, e a seguir descontados ao valor presente. E para estimar o benefício social total somam-se os montantes correspondentes do excedente do produtor e do consumidor.

---

<sup>41</sup>  $C_{it}$  é uma variável que pode ser crescente ou decrescente no tempo, em função do maior ou menor peso de cada um de seus componentes e à interpretação que se dê a eles. Por exemplo, Barnett e Morse [1963, p. 164-216] dizem que para o caso dos E.U.A., entre 1870 e 1957, os custos unitários e preços relativos das atividades extrativas são decrescentes, porém que isto, em parte, pode ser explicado tanto pela substituição de recursos caros por outros mais baratos, como pela maior oferta externa destes, ou pelo aumento interno das disponibilidades e, principalmente, pelo avanço tecnológico, que permitiu melhoras na oferta e menor pressão sobre a demanda interna destes recursos; igualmente, Nordhaus (1974) diz que entre 1900 e 1970 os preços de 11 minerais principais mostram quedas significativas e que as potencialidades das reservas para o futuro da humanidade são ilimitadas, caso se admitam os avanços tecnológicos promissores. Contrariamente, Slade (1982) e Hall & Hall (1984) dizem que os graus da escassez e os níveis dos preços dos recursos naturais são crescentes ao longo do tempo.

<sup>42</sup> A taxa de desconto pode ser tomada como a “taxa de juros do mercado” ( $r$ ), que mostra a taxa corrente de rendimento da mesma, ou a “taxa social de preferência intertemporal” ( $\Delta$ ), que mostra as preferências da sociedade como um todo para avaliar o consumo futuro em relação ao consumo presente. Diz-se que  $r > \Delta$  porque a primeira contém um montante significativo correspondente aos riscos e impostos aos ganhos de capital, que para a sociedade como um todo não tem sentido; igualmente, diz-se que  $r$  reflete as expectativas e o interesse imediato dos atuais poupadores-investidores, porém não das gerações futuras. A decisão de tomar  $r$  ou  $\Delta$  como a taxa de desconto é muito importante, porque, como logo se verá, quanto maior for esta, menos valem os ganhos do futuro e desde que os depósitos de recursos naturais são uma reserva de valor, maior interesse existirá hoje por se desfazer destes ativos (Solow, 1974, p. 388-91).

Em análises mais sofisticadas, estima-se diretamente o VAL do benefício social, utilizando-se as integrais. <sup>43</sup>

$$VAL = \int_0^T [P_t \cdot q_t - C_t] \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

#### Recursos não renováveis <sup>44</sup>

Como a oferta deste tipo de recurso é considerada fixa ou quase rígida, o processo de otimização vê-se restringido por esta característica, surgindo, assim, a “renda da escassez” ou “preço sombra dos recursos naturais” no campo.

Para simular um processo de estimação da renda de escassez, consideram-se apenas dois períodos de tempo, em que se esgotam todas as reservas existentes (petróleo, por exemplo),  $K_T = q_0 + q_1$ .

$$\max(VAL) = \frac{P_0 \cdot q_0 - C_0 \cdot (q_0)}{(1+r)^0} + \frac{P_1 \cdot q_1 - C_1 \cdot (q_1)}{(1+r)^1}$$

sujeito a  $K_T = q_0 + q_1$

Utilizando o processo de otimização restringida:

$$L = \frac{P_0 \cdot q_0 - C_0 \cdot (q_0)}{(1+r)^0} + \frac{P_1 \cdot q_1 - C_1 \cdot (q_1)}{(1+r)^1} + \lambda_t \cdot (K_T - q_0 - q_1)$$

Trata-se de estimar os valores de  $q_0$ ,  $q_1$ ,  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $\lambda_0$  e  $\lambda_1$ .

---

<sup>43</sup> Existem várias tentativas para a utilização da recente “teoria do controle ótimo”, criada por L. S. Pontryagin, (1962), no campo específico dos recursos naturais; entre elas estão as de R. Dorfman (1969), R. Lecomber (1979, p. 58-63) e Conrad e Clark (1987). Esta teoria exige o conhecimento de matemática avançada.

<sup>44</sup> Esta seção foi desenvolvida com base em Fisher (1981, p. 10-39) e Common (1988, p. 198-214).

Em **concorrência perfeita**, a condição necessária seria:

$$\frac{\partial L}{\partial q_0} = \frac{P_0 - C'_0}{(1+r)^0} - \lambda_0 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_1} = \frac{P_1 - C'_1}{(1+r)^1} - \lambda_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = K_T - q_0 - q_1 = 0$$

Dos valores assim encontrados, <sup>45</sup> o  $\lambda_t$  será o valor ou preço unitário de cada unidade do recurso natural no campo; ele tem um valor equivalente entre o período 0 e o período 1 (quer dizer, este último devidamente descontado), e se multiplicado pelo tamanho da reserva dá também o valor da mesma, em um ou outro período.

Período	$\lambda_t$	K	Valor da reserva
0	141,47	200	28.294

<sup>45</sup> Simulando valores, tais como:

$$P = 200 - 0,5 \cdot q$$

$$C' = 5$$

$$r = 0,05$$

$$K = 200$$

Chega-se a determinar os seguintes resultados:

$$q_0 = 107,07 \quad P_0 = 146,46 \quad \bullet_0 = 141,47$$

$$q_1 = 92,92 \quad P_1 = 153,53 \quad \bullet_1 = 148,53$$

$$\text{Para o excedente do produtor: } VAL_P = 15.146,94 + 13.145,74 = 28.292,60$$

$$\text{Para o excedente do consumidor: } VAL_C = 2.866,17 + 2.056,05 = 4.922,22$$

$$\text{Para o benefício social total: } BST = VAL_P + VAL_C = 33.214,89$$

1	148,53	200	29.706
---	--------	-----	--------

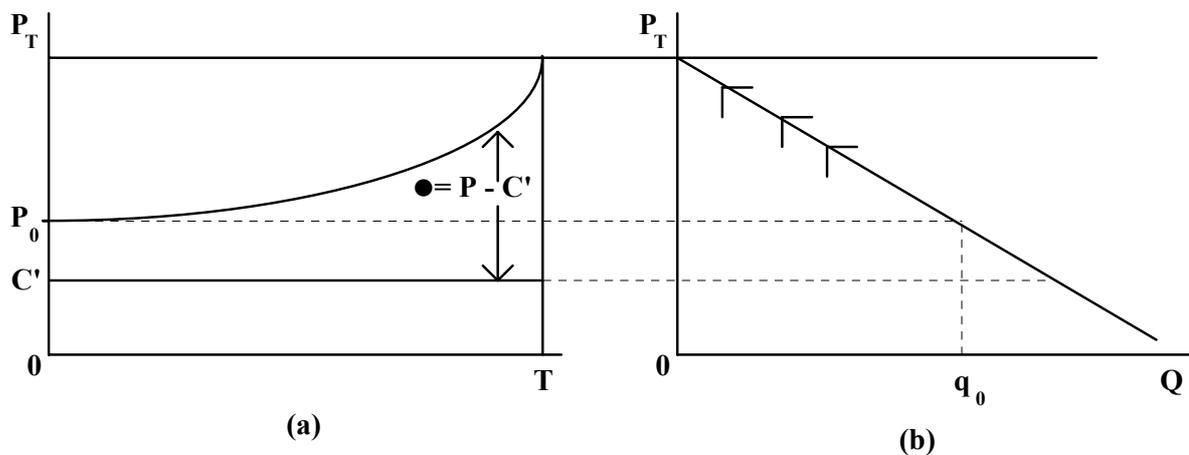
Logo,  $28.294 \equiv 29.706 / 1,05$ .

Por outro lado, caso o custo marginal seja constante ao longo do tempo, o preço de venda do recurso extraído variará da seguinte forma:

$$P_t = C' + \lambda_0 \cdot (1+r)^t$$

Ao longo do tempo, conforme se esgota o recurso, a oferta passa a ser decrescente e o preço crescente (Gráfico 14a). Estes maiores preços significam menor quantidade demandada (Gráfico 14b).

Gráfico 14: Preço de um recurso não renovável ao longo do tempo (Herfindahl & Kneese, 1974, p. 121)



No entanto, ele terá um limite superior quando se esgotar o recurso:

$$P_T = C' + \lambda_0 \cdot (1+r)^T$$

Porém, se existir outro recurso substituto possível (energia nuclear, por exemplo), de preço PRS, este preço será, então, igual a este limite.

$$P_T = PRS$$

Substituindo esta última igualdade na equação anterior:

$$PRS = C' + \lambda_0 \cdot (1+r)^T$$
$$\lambda_0 = \frac{PRS - C'}{(1+r)^T}$$

Obtém-se outro caminho para calcular o valor de  $\bullet$ .

No caso de se tratar de um **monopólio**, a condição necessária passaria a ser  $RM_g = CM_g + \lambda$ , e refazendo todos os passos indicados anteriormente tem-se os resultados, <sup>46</sup> que dão lugar às seguintes conclusões: em primeiro lugar, observa-se que em monopólio o quantum do recurso extraído no período 0 é menor que no caso da concorrência e nesse sentido, confirma-se o assinalado na parte referente à economia estática, segundo a qual, no monopólio, existe uma postura conservacionista. <sup>47</sup> Em segundo lugar, constata-se, dos resultados obtidos no exemplo prático, que o benefício social total é maior no caso do cenário concorrencial, confirmando, assim, as afirmações anteriormente colocadas.

Resta assinalar que, nos dois cenários, confirma-se a existência da relação direta entre as variações da taxa de juros e a quantidade extraída hoje do recurso natural;

---

<sup>46</sup> Com os mesmos dados do caso concorrencial, porém com um  $RM_g = 200 - q$ , tem-se:

$$q_0 = 102,32 \quad P_0 = 148,84 \quad \bullet_0 = 143,78$$

$$q_1 = 97,68 \quad P_1 = 151,16 \quad \bullet_1 = 146,05$$

$$\text{Para o excedente do produtor: } VAL_p = 14.717,45 + 13.597,32 = 28.314,70$$

$$\text{Para o excedente do consumidor: } VAL_c = 2.617,20 + 2.271,90 = 4.889,10$$

$$\text{Para o benefício social total: } BST = VAL_p + VAL_c = 33.203,85 \text{ (Gráfico 13b).}$$

<sup>47</sup> Esta afirmação deve ser tomada com reservas, já que Peterson e Fisher (1977, p. 695) citam vários estudos nos quais se comprova que os monopólios extraem os recursos à mesma taxa ou mais rapidamente que numa economia concorrencial. Igualmente, Stiglitz (1976, p. 655-6) afirma que um monopolista que visualize a sua elasticidade de demanda do futuro menor que a do presente, teria uma relação  $RM_g/p$  menor no futuro do que no presente e, nesse sentido, será de seu interesse produzir mais agora que no futuro (maior até que num cenário de economia concorrencial) e vice-versa.

quer dizer, quanto maior a taxa de juros, maior será o volume do recurso extraído no presente. <sup>48</sup>

Existem algumas objeções sobre a pertinência da aplicação deste modelo, especificamente para os recursos não renováveis (A. S. Cunha, 1988, p. 208-11), tais como:

- a) o modelo exige conhecer a demanda futura dos recursos, e este esforço não tem uma sustentação teórica e empírica adequada;
- b) o modelo não contempla a existência das externalidades, especialmente as derivadas da propriedade comum;
- c) não existe um consenso sobre qual taxa de desconto utilizar.

### **Recursos Renováveis** <sup>49</sup>

No caso destes recursos, eles podem se renovar naturalmente, desde que respeitados seus ciclos biológicos de reprodução. Estes ciclos de reprodução estão definidos tanto pela natureza das espécies flora e fauna, como pela capacidade de suporte ou carga do meio natural em que eles se desenvolvem, considerando um mínimo de espaço e/ou alimentos necessários para os mesmos. Em geral, os biólogos afirmam que existe uma função logística que explica a reprodução e crescimento natural da

---

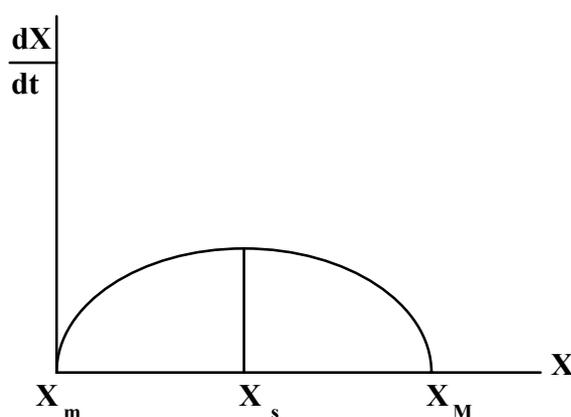
<sup>48</sup> Por exemplo, no caso da economia concorrencial observa-se esta correlação:

$r$	$q_0$	$q_1$
0,01	101,44	98,55
0,10	113,81	86,19
0,20	126,36	73,63

<sup>49</sup> Este item baseia-se fundamentalmente em Pearce e Turner (1990, cap. 16).

biomassa renovável, <sup>50</sup> que dá lugar a uma taxa de crescimento natural da espécie, como pode ser visualizado no Gráfico 15.

Gráfico 15: *Dinâmica de crescimento da biomassa*



onde:

$X$  = Biomassa ou recurso natural

$\frac{dX}{dt} = F(X)$  Taxa de crescimento natural da espécie

$X_m$  = Biomassa mínima (extinção)

$X_M$  = Biomassa máxima (limitada pela natureza)

$X_S$  = Máxima Produção Sustentável (MPS)

---

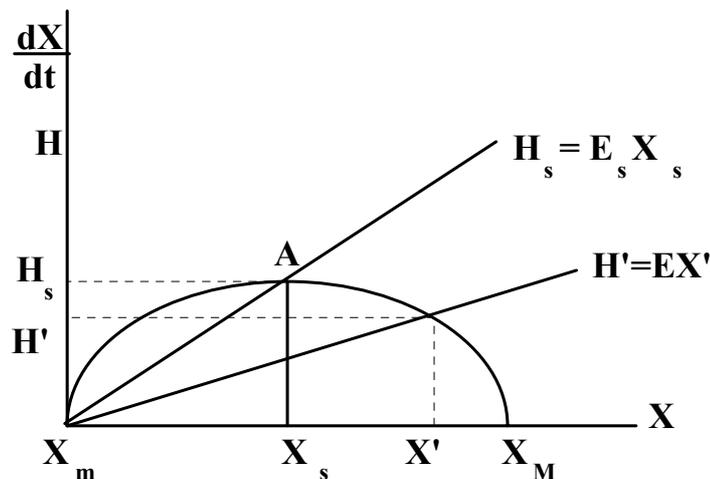
<sup>50</sup> Entre estes biólogos destacam-se por suas obras, P. F. Verbulst (1938) e M. B. Schaefer (1957), ambos citados por C. W. Clark (1976).

Neste ambiente, pode-se pensar nas possibilidades de extração ou colheita ( $H$ ); evidentemente, quanto maior o esforço ou custo ( $E$ ) empregado na extração dos recursos naturais ( $X$ ) maior será  $H$  e, então:

$$H = EX$$

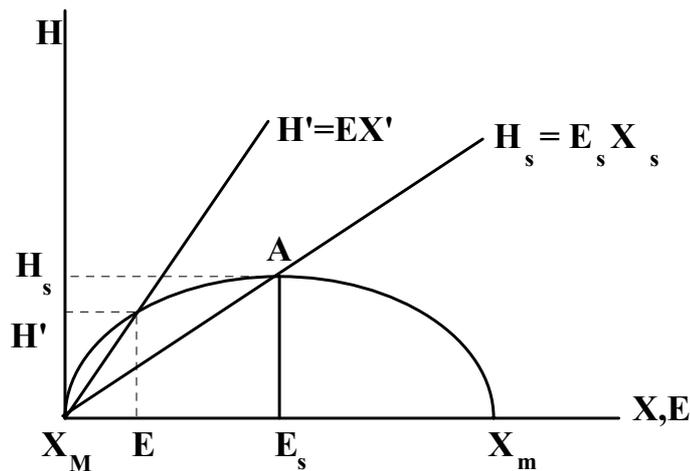
No Gráfico 16 encontram-se as retas  $H' = EX'$  e  $H_s = E_s X_s$ , em que este último termo significa um maior esforço e uma maior extração ou colheita  $H_s$ , que seria o ideal, desde que fosse extraído o recurso no nível em que ele se reproduz ao máximo.

Gráfico 16: Relações biomassa-extração



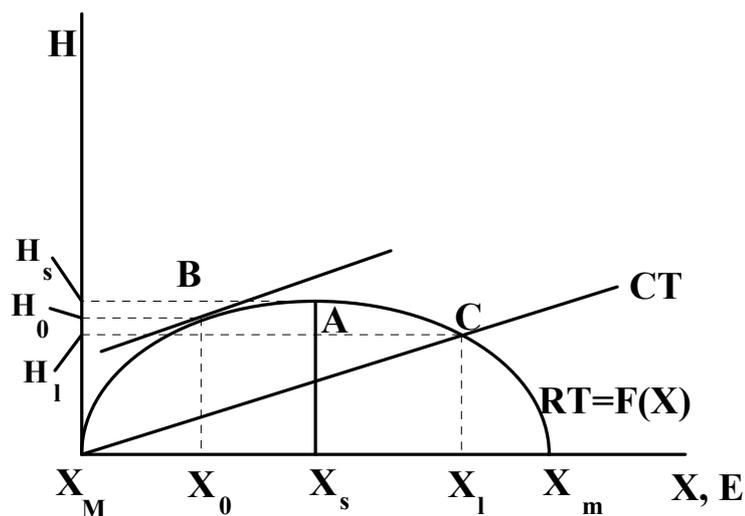
No Gráfico 16, vê-se que, desde a direita de  $X_s$ , acréscimos no  $E$  significam maiores níveis de extração; inversamente, a esquerda de  $X_s$ , acréscimos de  $E$  significam menores níveis de extração. Com estas referências, procede-se à inversão do sentido e dos extremos dos valores na abscissa  $X$ , sobrepondo neste último o valor de  $E$ , como pode ser visto no Gráfico 17.

Gráfico 17: Relações biomassa-esforço-extração



Se o esforço  $E$  é valorizado, por exemplo, em salários e outros insumos, e assumindo constante seus preços unitários, então a curva de custo total ( $CT$ ) será crescente e linear, como aparece no Gráfico 18. Tomando, similarmente, o preço unitário de venda da extração ou colheita como constante, a receita total ( $RT$ ) coincidirá com a curva  $dX / dt = F(X)$ , como mostrado no Gráfico 18.

Gráfico 18: Custo total e receita total



Caso exista um só proprietário ou um só explorador ou um monopólio (que pode ser o governo), o ótimo na produção, segundo a teoria da firma, se localizaria no

ponto em que se igualem o custo marginal e a receita marginal, quer dizer, o Ponto B no Gráfico 18, à esquerda do ótimo sustentável A. Isto significa menor produção, porém deixa uma reserva de recursos para o futuro. Caso exista livre entrada e muitos extratores, então o equilíbrio se definiria no Ponto C, onde a extração total e as reservas restantes estariam abaixo do ótimo sustentável, em direção ao ponto de esgotamento da espécie.

Evidentemente, se não custar nada ou quase nada a extração, a livre entrada de extratores significará a extinção do recurso natural; caso contrário, se o custo for elevado, a livre entrada garantiria, inclusive, a sobrevivência da espécie.

Igualmente, pode-se observar no Gráfico 18 que dificilmente coincidirão o ótimo econômico e o ótimo biológico, salvo se o custo de extração for nulo, situação única em que o custo marginal seria igual à receita marginal. Nesta situação, porém, como visto anteriormente, todos os depredadores potenciais procederão à extração total, extinguindo-se, assim, essa espécie.

Com estas referências conceituais e considerando um horizonte futuro indeterminado, podem ser feitas as seguintes colocações para calcular o valor atual líquido da exploração destes recursos e o seu “valor” específico.

Tem-se uma taxa de crescimento do recurso natural  $dX / dt$ , que considera a taxa natural de regeneração  $F(X)$ , e uma taxa de extração  $H_t$ .

$$\frac{dX}{dt} = F(X) - H_t$$

Tem-se, ademais, uma receita bruta  $PH$ , que considera o valor de venda dos recursos extraídos e uma função custo total  $C(H_t, X_t)$ . Então a receita líquida  $\pi$  seria:

$$\pi = PH_t - C(H_t, X_t)$$

Sujeito à restrição  $\frac{dx}{dt} = F(x) - H_t$

A maximização desta equação exige achar seus valores extremos correspondentes, considerando a restrição  $dX / dt$ .

$$L = PH_t - C(H_t, X_t) + \lambda_t \cdot [ F(X) - H_t ]$$

$$1) \frac{\partial L}{\partial H_t} = P - \frac{\partial C}{\partial H_t} - \lambda_t = 0$$

$$\text{Logo } P = \frac{\partial C}{\partial H_t} + \lambda_t \rightarrow \text{Preço} = \text{CM}_g + \text{Renda da Escassez}$$

$$\text{ou, } \lambda_t = \text{Valor do recurso natural no campo "in situ"} = P - \frac{\partial C}{\partial H_t}$$

Ou seja, exatamente ou quase igual ao caso dos recursos naturais não renováveis, visto anteriormente.

$$2) \frac{\partial L}{\partial X_t} = -\frac{\partial C}{\partial X_t} + \lambda_t = 0$$

$$\text{Logo } \lambda_t = \frac{\partial C}{\partial X_t}$$

$$\text{Porém, como no item anterior, obteve-se } \lambda_t = P - \frac{\partial C}{\partial H_t}.$$

$$\text{Comparando estas igualdades, tem-se: } P - \frac{\partial C}{\partial H_t} = \frac{\partial C}{\partial X_t}.$$

Donde obtém-se outra forma de expressar os preços destes recursos:

$$P = \frac{\partial C}{\partial H_t} + \frac{\partial C}{\partial X_t}$$

Quer dizer, os preços ao longo do tempo devem ser iguais ao custo marginal ( $\partial C / \partial H_t$ ), mais uma fração equivalente ao custo originado pela redução da biomassa ( $\partial C / \partial X_t$ ).

Se o nível da extração  $H_t$  se fixa perto da “máxima produção sustentável” ( $X_s$ , no Gráfico 18), então se conseguirá um maior valor da produção ao longo do tempo, preservando-se, e ao mesmo tempo, a espécie X; neste sentido, ter-se-ia uma pequena “renda da escassez”, porém perpétua.

Se, ao contrário, o nível da extração  $H_t$  se fixa perto do ponto de exaustão da espécie ( $X_m$ , no Gráfico 18), mesmo havendo uma alta renda da escassez a curto prazo ela seria efêmera e, com isso, esgotar-se-iam as reservas de  $X$ .

Neste sentido, e assumindo que o nível da extração está determinado pela primeira proposta, da quase equivalência entre o ótimo econômico e o ótimo biológico, o valor da “renda da escassez”  $\lambda$  deveria ser uma constante perpétua, cuja somatória daria lugar ao valor do recurso hoje. Quer dizer:

$$\text{Valor do recurso natural hoje} = \sum_{t=0}^{\infty} \lambda_t \cdot e^{-r \cdot t} \text{ ou } \int_0^{\infty} \lambda_t dt \cdot e^{-r \cdot t} = \frac{\lambda}{r}$$

Concluindo: a maximização dos benefícios econômicos derivados da exploração dos recursos naturais renováveis exige a observação dos seguintes princípios fundamentais:

- 1º) É necessário respeitar a capacidade de regeneração e de suporte natural destas espécies, procurando atentar para que o nível da extração não esteja longe do ponto “máxima produção sustentável”;
- 2º) A livre entrada na exploração destes recursos, caso não existam custos de exploração ou estes sejam insignificantes, se traduz em perigo de extinção para estas espécies;
- 3º) Os monopólios que se guiam pelos critérios empresariais de maximização dos lucros podem assegurar a conservação destas espécies, desde que isto signifique um nível de extração abaixo do perigo de extinção.

Observados estes cuidados, a exploração destas espécies pode fornecer uma renda permanente para seus proprietários ou para a coletividade.

## **4. MÉTODOS GERAIS PARA AVALIAR OS RECURSOS NATURAIS**

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. Como já visto no capítulo anterior, na teoria econômica encontram-se os critérios de utilidade, produtividade, escassez, tempo e outros condicionantes do valor e preço dos recursos naturais. 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 destes recursos.

Idealmente, o valor e preço dos recursos naturais deveria derivar-se de um modelo amplo, de equilíbrio geral, onde seria considerado todo o conjunto de elementos da economia, tais como as externalidades; no entanto, dada a complexidade desta alternativa, decidiu-se por uma outra menos complexa e visando suas possibilidades de utilização prática.

Num primeiro momento se apresentam os métodos gerais que, em maior ou menor escala, podem ser aplicados a todos os recursos naturais; em seguida, e no capítulo seguinte se apresentam os métodos que têm uma aplicação particular em cada um desses recursos.

### **4.1. A demanda derivada**

Segundo esta proposta, a demanda dos recursos naturais depende ou está em função da demanda dos bens finais em que eles participam, sejam como fluxos ou como fundos de produção.<sup>51</sup> Conhecendo-se a função demanda do bem final e a participação dos recursos naturais na oferta do bem final, pode-se deduzir a demanda dos recursos naturais para cada nível do consumo e extração dos mesmos.

---

<sup>51</sup> Ver o item 3.4 deste documento para as referências teóricas sobre a “demanda derivada”.

Os passos para determinar o valor e o preço, usando esse método são:

- 1º) Estuda-se a natureza e utilidade do recurso natural em análise, especialmente na parte referente a todos os usos possíveis do mesmo. Um exemplo seria a extração e a transformação dos peixes. As possibilidades de seu consumo seriam:

Consumo Humano Direto:

Consumo Humano Indireto:     - farinha de peixe para alimentos balanceados  
  - conservas de pescado  
  - óleo de pescado  
  - secos - salgados

- 2º) Estima-se a equação da demanda para cada um destes itens, identificando as variáveis dependentes e independentes mais apropriadas e, por meio de métodos estatísticos mais significativos (cross section ou séries de tempo), estimam-se os parâmetros correspondentes. Por exemplo, numa situação *ceteris paribus*, em que permanecem fixos a renda, a população, tecnologia, tempo etc. e correlacionando somente  $P_q$  e  $Q$ , ter-se-ia:

$$P_q^d = f(Q)$$

- 3º) Similarmente, deve-se estimar a equação da oferta para cada um destes itens, seja pelo método dos custos médios ou dos requerimentos físicos, para cada nível de produção:

$$P_q^s = g(Q)$$

- 4º) Da etapa anterior obtém-se a curva de oferta para os outros componentes (L), além dos recursos naturais (T):

$$W^s = h[g(Q)]$$

- 5º) A curva da demanda derivada dos recursos naturais, por unidade do bem final, é obtida do seguinte modo:

$$R^d = P_q^d - W^s$$

$$R^d = f(Q) - h[g(Q)]$$

- 6º) Então, para cada nível de Q (bem final), deduz-se o  $R^d$  correspondente (disposição de pagar ou remuneração dos recursos naturais).
- 7º) Tão logo são definidos todos os  $Q_i$  possíveis, ter-se-á também todos os  $R_i^d$  correspondentes, e dado o princípio da fixação simultânea e a continuidade da disposição de pagar, o  $R^d$  deve tender a se igualar em todos seus usos possíveis, ao menos a médio e longo prazos.
- 8º) Finalmente, a somatória de todos os  $R_i^d$  seria a demanda agregada do recurso natural em análise, que confrontada com a oferta existente, daria o preço de equilíbrio deste recurso natural.

## 4.2. A renda capitalizada

Este método indica que o valor e o preço de um recurso natural qualquer é igual à somatória de todo o fluxo de rendas futuras, devidamente descontados ao valor presente. No caso de recurso não renovável, até seu esgotamento total, e no caso dos renováveis, desde que adequadamente explorados, ou seja, a perpetuidade.

A primeira referência implícita sobre este conceito encontra-se no “Capital” de Karl Marx, quando este assinala que a renda capitalizada do aluguel pago pelo uso de uma queda d'água com os juros médios do mercado aparece como o valor-capital deste recurso (Vol. III, T 2, p. 146). Igualmente, Marshall, já de forma explícita (1890), indica que o valor atual de um terreno agrícola deve ser igual à somatória de todos os pagamentos do arrendamento futuro desse terreno, devidamente descontados ao valor presente (Vol. II, p. 103). Hoje em dia, o método continua válido e é aceito, mais ainda pelas constatações empíricas correspondentes (Falk, 1991).

O método em sua versão mais simples estabelece que o valor de um recurso natural qualquer ( $V_0$ ) é igual à somatória de todas as rendas ou retornos futuros ( $R_t$ ) que a extração do recurso tem condições de fornecer, devidamente descontados ao valor presente, por uma taxa apropriada <sup>52</sup>:

$$V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)^t}$$

A renda ( $R_t$ ) pode ser entendida como “renda residual”, como “royalties” ou como “aluguel líquido”. O conceito de renda como resíduo vem desde Smith (1776), quando este afirma que a renda da terra é igual ao benefício bruto da exploração agrícola, menos a remuneração dos fatores capital e trabalho (Vol. I, p. 151). De igual forma isto é assumido por contemporâneos, como Strauss (1969), Reinsel-Reinsel (1979) e outros. Por exemplo, Strauss apresenta a seguinte fórmula (1969, p. 8):

$$\text{Se } Q_j P_j = A_{ij} P_i + M_j W + N_j R + C_j (\rho + d)$$

onde:

$Q_j$  = quantidade produzida de um bem qualquer (que utiliza o recurso natural  $j$ )

$P_j$  = custo médio de produção, dos elementos  $Q_j$

$A_{ij}$  = insumos vários

$P_i$  = preço unitário dos insumos  $i$  (\*)

$M_j$  = mão-de-obra

$W$  = salário (\*)

$N_j$  = quantidade do recurso natural

$R$  = renda unitária ou remuneração do recurso natural (\*)

$C_j$  = capital

$\rho$  = taxa interna de retorno (\*)

$d$  = taxa de depreciação do capital (\*)

(\*) *todos estes preços, segundo seu valor de oportunidade.*

---

<sup>52</sup> A respeito da taxa, diz Irving Fisher (1930, p. 26): “... (1) capital-valor é renda capitalizada ou descontada. - (2) se a taxa de juros cai, o valor-capital (valor capitalizado da renda esperada) sobe e vice-versa...”

$$\text{Então: } R = \frac{Q_j P_j}{N_j} - \left[ \frac{A_{ij} P_i}{N_j} + \frac{M_j W}{N_j} + \frac{C_j (\rho + d)}{N_j} \right]$$

No entanto, existem críticos da “renda residual”, como Alston (1986), que afirma que o método contabiliza indevidamente os ganhos de um empreendimento em favor da renda do recurso natural, quando ele deveria corresponder com mais propriedade ao autor do empreendimento; igualmente, cita Alston, como no período 1940-1960, em que a renda residual foi negativa na lavoura dos E.U.A.; no entanto, ninguém chegaria a afirmar que, nesse período, estas terras não tinham valor nenhum. Uma saída para estas críticas seria assumir que a terra é o único fator fixo na produção.

A renda formada como a somatória dos “royalties”, ou “regalias” a cobrar pelo uso dos recursos naturais, particularmente dos não renováveis ou exauríveis, tem seu melhor exemplo no trabalho de Boskin e outros (1985), para a mineração, petróleo e gás dos E.U.A.

$$V_{1981} = PVR_p + PVR_u + PVB$$

$$PVR_p = \sum_k P_k (r \cdot q)$$

$$PVR_u = \sum_k P_k (r \cdot q)$$

onde:

V = valor presente dos direitos a cobrar, pela exploração dos recursos naturais

PVR<sub>p</sub> = valor presente dos direitos de cobrar pelas reservas provadas

PVR<sub>u</sub> = valor presente dos direitos de cobrar pelas reservas possíveis

PVB = valor presente dos direitos de cobrar pelos alvarás respectivos

P<sub>k</sub> = preço do mineral bruto, previsto no mercado

r = taxa do royalty, que varia entre 12,5% e 16,67%, segundo as condições de acessibilidade

q = montante do recurso natural a se extrair

Segundo Davidson (1963, p. 90-1), os royalties usualmente são fixados antes que se dê início à exploração, e para a mineração geralmente ele atinge os 12,5% da receita bruta anual.

Este método é criticado por Farzin (1990), que considera grandemente exageradas as estimações feitas por Boskin.

Sobre a renda como “aluguel líquido”, o método consiste em utilizar os montantes fixados nos contratos de aluguel da terra ou de um recurso natural qualquer (bosques, jazidas minerais, fontes de água, pastos naturais etc.) e assumir que ele continuará indefinidamente no futuro. Por exemplo, Alston (1986) aplicou o modelo econométrico mostrado a seguir, para a agricultura, nos E.U.A., no período 1963-1982, com resultados significativos ( $R^2 = 0,95$ ):

$$V_t = \int_0^{\infty} B_{t+n}^* \cdot e^{-\rho \cdot n} dn$$

onde:

$V_t$  = preço da terra no tempo t

$B_{t+n}^*$  = benefício esperado líquido (aluguel) da propriedade da terra no tempo t + n (n períodos no futuro)

$\rho$  = taxa de desconto (custo de oportunidade da propriedade da terra)

$$B^* = \text{renda de aluguel bruto} - \left[ \text{custo de manutenção} + \text{depreciação} + \text{impostos (propriedade, renda, ganhos de capital)} \right]$$

Sobre a taxa de desconto, existem posições no sentido que ela deveria ser a “taxa de juros do mercado” r, ou a “taxa social de preferência intertemporal”  $\rho$ <sup>53</sup> e ainda a “taxa de capitalização” k (Harris, 1979); esta última seria uma média ponderada

---

<sup>53</sup> Para informações adicionais sobre as referidas taxas, ver rodapé 42,

entre as taxas cobradas nos empréstimos comprometidos e as taxas do rendimento interno do próprio capital comprometido. O mais freqüente é usar a “taxa de juros do mercado”, para empréstimos (taxa ativa).

As previsões do comportamento de  $R_t$  e  $r$  ao longo do tempo dependem, por sua vez, do comportamento das outras variáveis onde eles se originam. A análise do comportamento destas outras variáveis exige a construção de um fluxo de caixa, em que se deve observar alguns critérios:

- 1º) Assume-se que os preços finais dos bens em que participam os recursos naturais (como ofertante ou demandante) permanecem constantes ao longo do tempo, <sup>54</sup> salvo se existirem evidências de significativas mudanças na oferta e na procura de alguns bens; em tal caso, ter-se-ia que estimar os novos preços resultantes.
- 2º) Sobre a quantidade extraída, devem ser consideradas as particularidades do recurso, como seu estoque atual, o tempo de vida provável (no caso dos não-renováveis) ou o período de regeneração e a taxa de extração apropriada (no caso dos renováveis) e a própria natureza do recurso. Por exemplo, Irving Fisher (1930, p. 85-8) pressupõe que um mesmo terreno pode se dedicar à agricultura, ao reflorestamento ou à mineração, e o volume do produto a ser obtido, nestes casos, pode ser constante ao longo do tempo, no caso da agricultura, crescente, no caso do reflorestamento, e decrescente para a mineração.
- 3º) As apurações de receitas e despesas geralmente são feitas ano a ano, porém é possível considerar maiores ou menores períodos de tempo em função da natureza do recurso. No período definido, apuram-se os lucros normais e os impostos e taxas correspondentes, registrando-se estes dois últimos como saídas nas datas efetivas de pagamento. A diferença receita - despesa dá o lucro líquido anual, que passa a ser descontado ao valor presente.
- 4º) Sobre a taxa de desconto,  $r$ , existem posições no sentido que ela é decrescente ao longo do tempo (Fisher, 1930, p. 301-7), que é constante (Burt, 1986, p. 12) ou que varia proporcionalmente aos ciclos econômicos (Tanzi, 1980, p. 16-20); quer dizer, neste último caso, crescente em épocas de expansão e decrescente nas épocas de recessão. O aconselhável seria assumir uma taxa constante ao longo do tempo, salvo evidência contrária.

---

<sup>54</sup> Este pressuposto se fundamenta nas três referências de Keynes (1937), no sentido de que o presente é um bom guia para o futuro, que o presente é um resumo apropriado do futuro e que o juízo convencional do mercado pesa mais que o juízo individual (1937, p. 212-4).

No caso em que  $R_t$  e  $r$  forem constantes ao longo do tempo, num horizonte quase perpétuo ou perpétuo, a fórmula inicial será grandemente simplificada como se segue:

$$V_0 = \frac{R}{r} \quad 55$$

### 4.3. O custo de uso

Baseando-se nos conceitos citados anteriormente sobre este assunto, tanto no Capítulo 1 como no Capítulo 3, pode-se fazer esta síntese: é de se supor que em todo processo de produção que envolve a exploração dos recursos naturais o(s) produtor(es)

<sup>55</sup> A este resultado pode-se chegar por meio da progressão geométrica ou das integrais. No primeiro caso (Renne, 1947, p. 222), tem-se:

$$V_0 = \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+r)^t} \quad \text{em que } R_t \text{ e } r \text{ são constantes ao longo do tempo}$$

$$\frac{V_0}{(1+r)} = \frac{R_1}{(1+r)^2} + \frac{R_2}{(1+r)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}} \quad \text{Ao multiplicar tudo por } \frac{1}{(1+r)}$$

$$V_0 - \frac{V_0}{(1+r)} = \frac{R_1}{(1+r)} - \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}} \quad \text{Ao subtrair esta última, da primeira}$$

$$V_0 \left( 1 - \frac{1}{1+r} \right) = \frac{R_1}{(1+r)} - \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}} \quad \text{Simplificando a primeira parte da equação}$$

$$V_0 = \frac{\frac{R}{(1+r)} - \frac{R}{(1+r)^{t+1}}}{1 - \frac{1}{(1+r)}} \quad \text{Quando } t \rightarrow \infty, \text{ então } (1+r)^{t+1} \rightarrow \infty \text{ e } R/\infty = 0$$

$$V_0 = \frac{\frac{R}{(1+r)}}{1 - \frac{1}{(1+r)}} \rightarrow V_0 = \frac{R}{r}$$

Utilizando-se as integrais (Chiang, 1967, p. 424), chega-se ao mesmo resultado.

$$\begin{aligned} V_0 &= \int_0^{\infty} R \cdot e^{-r \cdot t} dt = \lim_{y \rightarrow \infty} \int_0^y R \cdot e^{-r \cdot t} dt = R \cdot \int_0^y e^{-r \cdot t} dt = \frac{-R \cdot e^{-r \cdot t}}{r} \Big|_0^y \\ &= \frac{-R}{r} \cdot [e^{-r \cdot y} - e^{-r \cdot 0}] = \frac{-R}{r} \cdot [e^{-r \cdot y} - 1] = \frac{-R \cdot e^{-r \cdot y}}{r} + \frac{R}{r} = \frac{R}{r} \cdot (1 - e^{-r \cdot y}) \end{aligned}$$

Porém, se  $y \rightarrow \infty$ , o valor de  $e$  diminui até anular-se e, então:  $(1 - 0) = 1$ , logo:

$$V_0 = \int_0^{\infty} R \cdot e^{-r \cdot t} dt = \frac{R}{r}$$

ou o(s) empreendedor(es) sempre está(ão) se esforçando por maximizar ao longo do tempo, conforme a seguinte expressão:

$$\text{Max. } \Pi = \int_0^{\infty} [P \cdot Q - C(Q, X)] \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

Sujeito a  $dX/dt = g(X) - f(Q, X)$

Aplicando a teoria do controle ótimo (Hamiltoniano), determinam-se estas relações:

$$J = \left\{ [PQ - C(Q, X)] + \lambda [g(X) - f(Q, X)] \right\} e^{-rt}$$

onde:

$\Pi$  = valor presente descontado dos lucros líquidos

P = preço de venda (mercado)

Q = quantidade extraída de recursos (e vendida)

C = custo de produção

X = tamanho da reserva natural (ou biomassa)

J = multiplicador de Hamilton

$\lambda$  = custo de uso marginal ou preço sombra do recurso no campo

$g(\bullet)$  = taxa de crescimento ou de ampliação da reserva X

$f(\bullet)$  = taxa de esgotamento ou extração dos recursos

r = taxa de desconto ou atualização

Como conseqüência, surgem as questões de como definir as funções de demanda e de custos para o futuro, bem como reconhecer as leis de regeneração natural das espécies ou os programas de expansão de reservas dos não renováveis e igualmente a programação prevista de extração dos recursos.

Conhecendo todas estas funções e baseando-se nas técnicas de otimização com restrições, poder-se-ia definir os valores ótimos de cada uma destas variáveis, como os preços, quantidades e o custo de uso marginal.

Embora o método seja válido para recursos renováveis e não renováveis, só se encontraram aplicações teóricas e empíricas para estes últimos <sup>56</sup>.

Kay & Mirrlees (1975, p. 159-163) estimam hipoteticamente o valor do custo de uso marginal, assumindo um cenário de economia concorrencial, com uma estrutura de demanda e custos constantes ao longo do tempo:

$$\text{Se } P_t = C' + \lambda \cdot e^{rt} \quad \text{e} \quad P_t = Q_t^{-1/\varepsilon}$$

onde:

$C'$  = Custo marginal constante e igual a 1

$\varepsilon$  = Elasticidade-preço da demanda, constante

$R$  = Volume total da reserva

Logo:

$$Q_t = (1 + \lambda \cdot e^{rt})^{-\varepsilon}$$

$$R = \int Q_t dt = \int_0^{\infty} \frac{dt}{(1 + \lambda \cdot e^{rt})^{\varepsilon}}$$

No caso em que  $\varepsilon = 1$ :

$$R = \int_0^{\infty} \frac{dt}{1 + \lambda \cdot e^{rt}} = \frac{1}{r} \cdot \log \frac{1 + \lambda}{\lambda} \quad \text{e} \quad \lambda = \frac{1}{e^{r \cdot R} - 1}$$

---

<sup>56</sup> Nas três aplicações seguintes procurar-se-á utilizar a mesma simbologia apresentada, assinalando-se os casos em que isto não seja possível.

No caso em que  $\varepsilon = 1/2$ :

$$R = \int_0^{\infty} \frac{dt}{\sqrt{1 + \lambda \cdot e^{r \cdot t}}} = \frac{2}{r} \cdot \log \frac{1 + \sqrt{1 + \lambda}}{\sqrt{\lambda}} \quad e \quad \lambda = \frac{4 \cdot e^{r \cdot R}}{(e^{r \cdot R} - 1)^2}$$

Representando em uma tabela estas relações para  $r \cdot R$ ,  $\varepsilon$  e  $\lambda$ , tem-se:

$r \cdot R$	$\lambda$	
	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 1/2$
1	0,58	3,68
2	0,16	0,72
4	0,02	0,08
6	0,00	0,01

Da tabela acima deduz-se que quando  $r \cdot R \geq 6$  o custo de uso marginal desaparece, ou é mínimo, especialmente no caso da maior elasticidade. Igualmente, se a taxa de juros fosse de 5%, então para toda reserva maior de 120 anos não existiria valor nenhum como custo de uso marginal; no entanto, quanto maior a taxa de juros e menor o montante da reserva crítica, maior será o custo de uso marginal correspondente e vice-versa.

Como conclusão de todo o exposto, Kay e Mirrlees afirmam que para todos os recursos não renováveis, cuja reserva exceda os 100 anos de consumo corrente, não existe o perigo de superexploração e esgotamento, nem de encarecimento correspondente. Isto porque, nesse período, o custo de uso marginal de tais recursos terá sido baixo ou insignificante. Assim, eles rejeitam as afirmações de Meadows (1972) e do “Clube de Roma” sobre o perigo de exaustão dos recursos não renováveis.

O primeiro esforço, empreendido para calcular empiricamente o custo de uso corresponderia a Stollery (1983), que apresenta estas estimativas para o níquel canadense, e que é explorado de forma monopolizada. Ele parte desta relação:

$$\text{Maximizar } \Pi = \int_0^T [P \cdot Q - C(Q, g, X)] \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

$$\text{sujeito a } X = \sum_1^t Q$$

onde:

g = qualidade do mineral (em graus de conteúdo fino do material)

X = extração acumulada até o período t

Encontrando-se os valores extremos, tem-se:

$$\frac{\partial J}{\partial Q} = \frac{\partial PQ}{\partial Q} - \frac{\partial C(Q, g, X)}{\partial Q} - \lambda$$

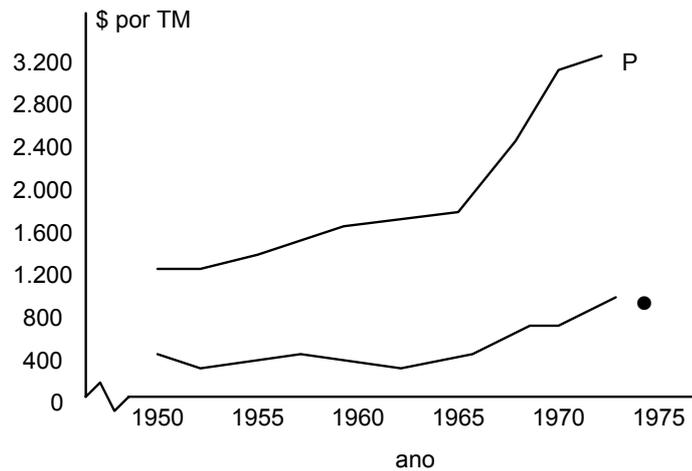
onde  $\lambda$  é o preço sombra ou custo de uso marginal do mineral —  
 $\lambda = RM_g - CM_g$  .

Desde que nesta indústria os custos médios sejam constantes, tem-se, então,  $CM_e = CM_g$  (custos médios iguais aos custos marginais); no caso de se ter a receita marginal como:  $RM_g = P \cdot (1 + \frac{1}{\eta})$  , onde  $\eta$  é a elasticidade preço e  $CM_e = \frac{WL + P_k \cdot K}{Q}$  , onde W é salário, L é a mão-de-obra,  $P_k$ , remuneração do capital e K, capital, segue que:

$$\lambda = P \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta}\right) - \frac{WL + P_k \cdot K}{Q} .$$

Stollery apresenta esta relação como aparece no Gráfico 19, a seguir:

*Gráfico 19: O preço e o custo de uso marginal do níquel, segundo Stollery*



Quer dizer, tanto o preço como o custo de uso marginal seriam crescentes ao longo do tempo, proporcionalmente ao maior esgotamento das reservas.

Similarmente, Mueller (1985) também apresenta suas estimativas do custo de uso, porém o faz para o petróleo de Oklahoma, EUA. Ele parte da seguinte relação:

$$Max. \Pi = \int_0^{\infty} [P \cdot Q - C(Q, R) - D(E, F)] \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

sujeito a estas restrições:

$$\dot{R} = -Q + H(E, F)$$

$$\dot{F} = E$$

onde:

R = reserva provada de petróleo

D = custo de desenvolvimento (ou avaliação) de reservas

E = esforço desenvolvido na perfuração dos poços (em pés)

F = esforço acumulado até o período t

$$\dot{R} = \frac{dR}{dt} \quad \dot{F} = \frac{dF}{dt}$$

H = adição bruta às reservas

e

$$J = \{ P \cdot Q - C(Q, R) - D(E, F) + \theta \cdot [-Q + H(E, F)] + \phi(E) \} \cdot e^{-r \cdot t}$$

onde:

$\theta$  = custo de uso marginal ou renda de escassez ou valor sombra do petróleo no campo (US\$ / barril)

$\varphi$  = valor da informação deduzido da perfuração de poços (US\$ / pe)

Determinando os valores extremos:

$$\frac{\partial J}{\partial Q} = P - \frac{\partial C}{\partial Q} - \theta, \text{ ou } P = \frac{\partial C}{\partial Q} + \theta$$

$$\frac{\partial J}{\partial E} = -\frac{\partial D}{\partial E} + \frac{\theta \cdot \partial H}{\partial E} + \varphi, \text{ ou } \frac{\partial D}{\partial E} = \frac{\theta \cdot \partial H}{\partial E} + \varphi$$

O custo de uso marginal pode ser obtido tanto da primeira equação (quando  $\theta = P - C'$ ), como na segunda (quando  $\theta = CMg/PMg$ ).

Da segunda equação, se deduz:

$$\theta = \frac{\frac{\partial D}{\partial E} - \varphi}{\frac{\partial H}{\partial E}} = \frac{\text{Custo Marginal do Desenvolvimento - Valor Sombra do Esforço e Informação}}{\text{Produto Marginal do Desenvolvimento}}$$

O custo de uso marginal  $\theta$  é o custo de adicionar ou substituir um barril de petróleo, ajustado pelo valor das informações obtidas dos poços já perfurados.

Com base em uma amostra de poços petrolíferos estratificada em cinco níveis, de acordo com seus diferentes graus de profundidade, Mueller determina o valor destas variáveis, por regressão de mínimos quadrados (OLS), para o período 1969-1978, e assim ele estima  $\theta_i$  para cada nível. O maior  $\theta_i$  em cada ano, e para todos os níveis de profundidade, seria o custo de uso marginal ou a renda de escassez do conjunto. Na tabela a seguir apresentam-se estes resultados.

*Tabela 3: Preço e custo de uso do petróleo em Oklahoma*

(US\$ / barril do ano base 1974)

Ano	Preço Real	Custo de Uso Marginal	$\frac{\text{Custo de Uso Marginal}}{\text{Preço Real}}$
1969	4,20	2,36	0,56
1970	4,05	2,28	0,56
1971	4,14	2,09	0,50
1972	4,02	2,31	0,57
1973	4,20	3,43	0,82
1974	7,18	3,33	0,46
1975	7,81	4,81	0,62
1976	7,96	6,02	0,76
1977	8,12	7,05	0,87
1978	8,27	10,56	1,28

Fonte: Elaborado com base em Mueller, Op. Cit., p. 718, Tabela 3.

Desta tabela deduz-se como o custo de uso marginal tem uma participação elevada e crescente no preço real, que também é crescente; isto é sinal de que gradualmente a economia exige a exploração de poços de maiores custos e/ou de menor produtividade. Sobre o elevado valor do custo de uso marginal em 1978, Mueller tem esta explicação: "... desde que a renda da escassez deve refletir expectativas em relação aos preços futuros, o  $\theta$  (1978) pode mostrar o otimismo relacionado com a falta de controle da produção adicional..." (tradução pessoal).

Em conclusão, seria possível afirmar-se, diante das deduções teóricas de Kay & Mirrlees, que assumindo uma estrutura de demanda e custos constantes ao longo do tempo, o custo de uso marginal apresenta valores insignificantes e até desprezíveis, quando as reservas sobrepassam somas para mais de 120 anos; Stollery e Mueller mostram, com dados históricos, que o custo de uso marginal é elevado e crescente ao longo do tempo como sinal da maior procura e escassez das aludidas reservas.

#### **4.4. Os custos diferenciais ou renda ricardiana**

Este conceito se sustenta nos trabalhos de economistas como Ricardo e outros, como já assinalado neste documento (ver Capítulos 2 e 3).

Em resumo, poder-se-ia indicar que pelo fato de existirem diferenças na produtividade e nos custos de produção entre unidades produtivas distintas de um mesmo bem, seja por desigualdades de fertilidade e/ou localização, e como o preço do mercado é o mesmo para todos esses bens (já que a unidade produtiva marginal, que é a de maiores custos, determina o preço para o conjunto de produtores), surgem diferenças entre os preços de venda e os custos de produção de cada uma das unidades produtoras. Disto deduz-se que as unidades de menores custos médios auferirão ganhos extraordinários, que passam a ser uma fonte de capitalização ou de valorização dos recursos naturais que são responsáveis por estes ganhos.

Torna-se possível chegar ao “valor” da renda capitalizada de cada uma das unidades produtivas, que exploram um determinado recurso natural, inventariando-se todas as unidades que operam num mercado determinado, até identificar a unidade marginal cuja oferta permite preencher a demanda total deste mercado e cujo custo médio sinalizaria o preço único nesse mercado. Na Tabela 4 simula-se o processo ora sintetizado, incluindo a determinação da renda diferencial e o valor correspondente por este conceito, derivado do valor atual destes fluxos futuros.

*Tabela 4: Processo simulado da geração da renda diferencial e o valor dos recursos naturais*

Unidade Produtiva		Custo Médio de Produção	Preço de Venda	Renda Diferencial	Valor $\Pi$ RR.NN.
unidades de custos menores	A	$CMe_A$	$CMe_A + 4. \Delta$	$4. \Delta$	$\int 4. \Delta. e^{-r.t} dt$
	B	$CMe_A + \Delta$	$CMe_A + 4. \Delta$	$3. \Delta$	$\int 3. \Delta. e^{-r.t} dt$
	C	$CMe_A + 2\Delta$	$CMe_A + 4. \Delta$	$2. \Delta$	$\int 2. \Delta. e^{-r.t} dt$
unidades de custos maiores	D	$CMe_A + 3\Delta$	$CMe_A + 4. \Delta$	$1. \Delta$	$\int 1. \Delta. e^{-r.t} dt$

unidade marginal $\Rightarrow$	E	$CMe_A + 4\Delta$	$CMe_A + 4.\Delta$	-	-
--------------------------------	---	-------------------	--------------------	---	---

A somatória dos fluxos futuros da renda diferencial se daria até o infinito, no caso de um recurso natural renovável e adequadamente explorado, e até o período T de esgotamento total da reserva, no caso de um recurso não renovável.

Uma experiência empírica de mensuração da renda ricardiana de um recurso não renovável foi efetuada por Mueller (1985), no trabalho já citado sobre o petróleo de Oklahoma. Nesse caso, Mueller identifica o custo de uso para cada um dos cinco níveis de petróleo, de acordo com a maior profundidade destes poços. Ele considera que este custo de uso está em relação direta ao custo marginal de desenvolvimento e em relação inversa à produtividade marginal destes poços. Igualmente, considera que a renda ricardiana é igual à diferença entre o custo de uso para todo o conjunto do petróleo de Oklahoma e o custo de uso particular de cada nível dos poços, quer dizer:

$$MRR_{it} = \bar{\theta}_t - \theta_{it}$$

onde:

$MRR_{it}$  = Renda marginal ricardiana, no período t e no nível i

$\bar{\theta}_t$  = Custo de uso marginal do petróleo em Oklahoma no período t (é o maior entre os correspondentes aos cinco níveis)

$\theta_{it}$  = Custo de uso para cada nível de profundidade e para cada período t

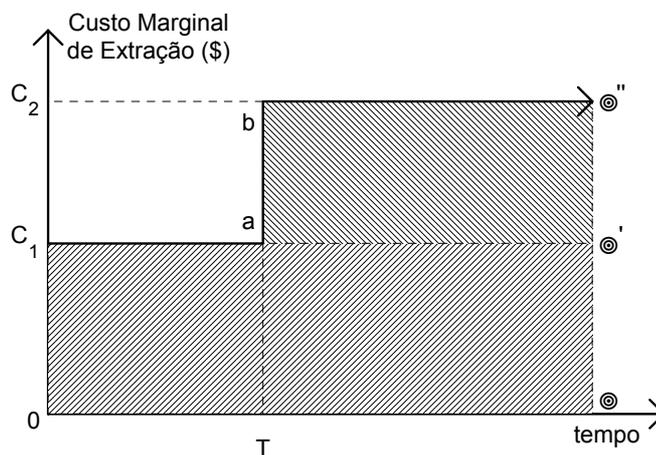
O valor deste recurso natural e para cada poço seria a somatória de todos os seus MRR identificados ao longo do tempo.

Moncur e Pollock (1988) aplicam o conceito de renda ricardiana para um recurso renovável, como a água potável de Honolulu, num caso em que consideram que o aumento da procura por este recurso ao longo do tempo deva obrigar o uso de água salgada, de maior custo de tratamento. Em seu modelo de análise, os referidos autores consideram estas pressuposições:

- 1º) Num primeiro período OT, explora-se o recurso de qualidade  $Q_1$  e custos constantes  $C_1$  (reta  $C_1, \infty'$ , no Gráfico 20).
- 2º) Num segundo momento, quando a demanda aumenta, passar-se-ia a explorar outra reserva de qualidade inferior  $Q_2$  e o custo maior  $C_2$  (reta  $b\infty''$ , no Gráfico 20).
- 3º) Quanto mais se retarda a passagem de  $Q_1$  a  $Q_2$ , mais se retardam os efeitos dos custos mais elevados.
- 4º) Todo aumento, hoje, do consumo do recurso de qualidade  $Q_1$ , significa maiores custos futuros.

Segue-se que o valor deste recurso será igual às diferenças atualizadas nos custos, considerando os cenários previsíveis ( $C_1 + C_2$ ) e o cenário atual ( $C_1$ ) (Desaigues e Point, 1990a, p. 305-7).

Gráfico 20: A renda ricardiana no tempo



Este raciocínio pode ser explicado pelo Gráfico 20, onde o valor do recurso água, considerando um horizonte de tempo indefinido, seria igual à diferença entre a área dos custos previstos e a área dos custos atuais.

$$\begin{aligned} \text{Custos Previsíveis} &= \text{Área } C_1 \text{ a } b \text{ } \infty \text{ } \infty 0 \\ \text{Custos Atuais} &= \text{Área } C_1 \text{ } \infty \text{ } \infty 0 \\ \text{Valor do Recurso} &= \frac{\text{Área } b \text{ } \infty \text{ } \infty \text{ } a}{\text{Área } C_1 \text{ } \infty \text{ } \infty 0} \end{aligned}$$

Matematicamente, isto também pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Custos Previsíveis} = \int_{t=0}^T C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt + \int_{t=T}^{\infty} C_2 \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

$$\text{Custos Atuais} = \int_{t=0}^{\infty} C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

$$\text{Valor do recurso água} = VA_0 = \int_{t=0}^T C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt + \int_{t=T}^{\infty} C_2 \cdot e^{-r \cdot t} dt - \int_{t=0}^{\infty} C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

$$VA_0 = \frac{C_2 - C_1}{r} \cdot e^{-r \cdot T} \quad 57$$

---

<sup>57</sup> Efetuando-se a integração assinalada, com ajuda das técnicas correspondentes (A. Chiang, 1967, 4a e 5a. partes), chega-se a esse resultado.

$$\text{Em } \int_{t=0}^T C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt = \frac{C_1}{r} \cdot (1 - e^{-r \cdot T})$$

$$\text{Em } \int_{t=T}^{\infty} C_2 \cdot e^{-r \cdot t} dt = -\frac{C_2}{r} \cdot (e^{-r \cdot \infty} - e^{-r \cdot T}) \text{ . Se } e^{-r \cdot \infty} \rightarrow 0 \text{ } \therefore -\frac{C_2}{r} \cdot (0 - e^{-r \cdot T}) = \frac{C_2 \cdot e^{-r \cdot T}}{r}$$

$$\text{Em } \int_{t=0}^{\infty} C_1 \cdot e^{-r \cdot t} dt = -\frac{C_1}{r}$$

Ao longo do tempo, este valor deve fazer jus a uma remuneração, que seria o valor ou preço de venda do recurso em cada período.

$$\text{Preço} = \frac{dVA_0}{dt} = \frac{C_2 - C_1}{e^{r \cdot T}} \quad 58$$

---

Logo:

$$VA_0 = \frac{C_1}{r} \cdot (1 - e^{-r \cdot t}) + \frac{C_2}{r} \cdot e^{-r \cdot T} - \frac{C_1}{r} = \frac{C_1}{r} - \frac{C_1}{r} \cdot e^{-r \cdot T} + \frac{C_2}{r} \cdot e^{-r \cdot T} - \frac{C_1}{r} = -\frac{C_1}{r \cdot e^{r \cdot T}} + \frac{C_2}{r \cdot e^{r \cdot T}}$$

$$VA_0 = \frac{C_2 - C_1}{r \cdot e^{r \cdot T}}$$

<sup>58</sup> Esta derivação é semelhante ao conceito de investimento e formação de capital (A. Chiang, 1967, 13,5), no sentido de que o capital seria o recurso natural e o investimento seu preço. Igualmente, ele se assemelha a  $\lambda_0 = \frac{PRS - C'}{(1+r)^T}$ , revisado no item 3.5.

## **5. MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA AVALIAR OS RECURSOS NATURAIS**

### **5.1. Solos agrícolas**

Os solos com vocação agrícola são constituídos por elementos de materiais inertes (sílica, carbonatos etc.), minerais flutuantes (argilas coloidais) e por uma composição orgânica exterior (humus e outros materiais em decomposição) e, nesta condição eles estão preparados para sustentar colheitas, bosques, pastos, flora e fauna, atividades que, em geral, destinam-se a satisfazer as necessidades humanas. Esses solos seriam classificados como recursos renováveis, desde que adequadamente explorados e conservados (Dykes e Puertas, 1963, 16-231/2).

Como a agricultura é uma das atividades mais antigas do homem, também a preocupação por sua adequada avaliação econômica remonta ao início da ciência econômica. Efetivamente, Petty (1662) já mostrava sua preocupação com este assunto e chegou a afirmar que o valor da terra era igual à somatória de suas rendas futuras,<sup>59</sup> ligeiramente corrigido por questões de segurança, demanda (população) e qualidade das terras. Hoje em dia se aceita, em princípio, esta colocação original de Petty, desde que, em última instância, seja a somatória da renda prevista da terra, devidamente descontada a fonte principal do valor, da terra em questão (Falk, 1991, p. 3).

Este consenso, de que o valor capitalizado das rendas futuras da terra é o que determina seu valor, já foi apresentado num item anterior deste trabalho (4.1.2 - Renda capitalizada) e vale, em quase toda a sua totalidade para o recurso solo, exceção feita à renda como “royalty”, que não se aplica à terra, já que esta não estaria sujeita ao problema de esgotamento e depreciação nos padrões convencionais.

---

<sup>59</sup> Petty William (1662, p. 33) estabelece textualmente que “... o número de anos de renda que vale naturalmente uma terra qualquer é a extensão habitual da vida de três pessoas. Ora, estimamos que, na Inglaterra, três vidas equivalem a 21 anos e, em conseqüência, que o valor da terra é, aproximadamente, sua renda nesse mesmo número de anos...”. Linhas antes, ele mesmo esclarece o que entende por “extensão habitual da vida”, nestes termos: “... entendo ser este o número de anos que, acredito, se possa pensar que viverão concomitantemente um homem de cinqüenta anos, outro de vinte e oito e outro de sete, ou seja, um avô, um pai e um filho...”

As diferenças existentes na forma de abordar a valoração da terra residem, fundamentalmente, no fato de que alguns apresentam modelos com variáveis explicativas bastante difíceis de serem calculadas ou de prever, enquanto outros, embora utilizando modelos matemáticos e econométricos bastante consolidados teoricamente, obtêm resultados que não oferecem a correlação e intervalos de confiança desejáveis, segundo seus próprios autores.

E. W. Morehouse (1935, p. 137-9) considera que a terra, como bem de capital (solo agrícola), tem um valor derivado de sua renda futura, além de fatores intangíveis (características físicas do lugar, conforto e a composição comunitária existente) e subjetivos (nacionalidade de seus habitantes, seus costumes, nível de vida, origem racial e afiliação religiosa). O valor da terra, como derivado da renda futura, seria:

$$V = \frac{a}{r} \pm \frac{i}{r^2}$$

onde:

V = Valor da terra

a = renda anual usual, da terra, como uma perpetuidade

i = montante adicional previsto na renda da terra; crescente (+) ou decrescente (-)

r = taxa de juros do mercado

Renne (1947, Cap. 11), além do Método da Renda Capitalizada, aconselha o Método da Comparação, que consiste em comparar os preços de vendas de terras vizinhas e de qualidades homogêneas e deduzir preços médios para elas. Ele reconhece as desvantagens de ambos os métodos, tais como o fato de o primeiro ignorar as belezas e atrativos naturais da terra, e desconsiderar que a taxa de desconto deve mudar ao longo do tempo, pelas condições do mercado; no tocante ao segundo método, pela circunstância de que os preços das terras mostram uma tendência altista nos períodos de expansão da economia e vice-versa. Como conclusão, sugere utilizar ambos os métodos, uma vez que seus resultados devem ser quase iguais.

Barlowe (1958, Cap. 10) soma-se aos métodos da Renda Capitalizada e da Comparação, que acabam de ser descritos, e também sugere o Método de Substituição.

Sobre o Método da Renda Capitalizada, faz três afirmações: primeiro, que o autor da fórmula apresentada seria Chamber;<sup>60</sup> segundo, que havendo, porventura, conhecimento de que os acréscimos previstos ( $\pm i$ ) só teriam vigência por um período determinado  $n$ , então a fórmula passaria ser assim corrigida:

$$V = \frac{a}{r} \pm \frac{i}{r^2} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right]^{61}$$

Terceiro, que a taxa de desconto, quando muito alta, reduz o valor da terra e vice-versa; o autor sugere, então, uma taxa anual de 7% ao ano, assim composta:

taxa de retorno, sem risco	3,25%
risco pela renda prevista	1,5
perdas pela falta de liquidez	1,25
subsídios pelo gerenciamento	<u>1,0</u>
taxa de desconto	7,0

Sobre o Método de Substituição, Barlowe sustenta sua proposta de que o valor de um bem deve ser equivalente ao seu custo de produção; assim, as propriedades (especialmente as urbanas) deveriam se valorizar segundo seu custo de substituição imediata (ou pelo custo de um substituto imediato), menos um desconto pela depreciação existente e a possível obsolescência. Em geral, ele sugere utilizar simultaneamente os três métodos, com ênfase nos dois primeiros para as propriedades rurais e o terceiro para as urbanas.

Melichar (1979) coloca dúvidas sobre a validade do Método da Renda Capitalizada, já que nos E.U.A., no período 1950-1979, observa-se uma exagerada valorização das propriedades rurais, superiores às verificadas na renda da terra. Isto

---

<sup>60</sup> Clyde R. Chamber. "Relation of Land Income to Land Value". *US Department of Agricultural Bulletin*. 1.224, p. 28-9. 1924.

<sup>61</sup> Idem, sua fonte citada é Ernst H. Wieking. "Farm Real Estate Value and Farm Income". *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Nº 237, p. 240-1. March 1930.

poderia ser explicado, segundo o autor, porque no conceito de renda não estariam sendo considerados os ganhos de capital (pela inflação e a capitalização de ganhos e perdas de períodos anteriores) e porque, muitas vezes, só se considera o aluguel líquido pago, sem que se leve em conta a renda total dos operadores da terra e os juros pagos pela dívida agrária, que também fazem parte da renda da terra.

O autor sugere esta fórmula:

$$V = \frac{1+g}{1+d} \cdot R + \frac{1+g}{1+d} \cdot V = \frac{1+g}{d-g} \cdot R$$

onde:

V = valor presente da terra

g = taxa de crescimento da renda da terra

d = taxa de desconto

R = renda periódica da terra

Os ganhos de capital apareceriam nos valores de R, g e d, que originariam novos valores de V, e como  $g > 0$  o valor de V cresceria a cada ano, mesmo que g e d permanecessem constantes.

Harris (1979) concorda com a tese de Melichar, no sentido de que o valor da terra deve refletir tanto as rendas correntes como a revalorização do capital terra, porém discorda no referente à taxa de desconto a ser utilizada. Harris acredita ser melhor utilizar uma taxa de capitalização K, na qual:

$$K = w_d \cdot K_d + w_e \cdot K_e$$

onde:

$w_d$  = proporção do capital financiado por endividamento

$w_e$  = proporção do capital financiado com capital próprio

$K_d$  = taxa de retorno nominal de fundos emprestados

$K_e$  = taxa de retorno nominal de fundos próprios

Adicionalmente, para isolar o efeito inflação, far-se-ia:

$$K = w_d \cdot (r_d + \theta_d) + w_e \cdot (r_e + \theta_e)$$

no qual  $r_d$  e  $r_e$  são as taxas reais de retorno e  $\theta_d$  e  $\theta_e$  são as taxas de inflação. Se  $\theta_d = \theta_e = \theta$ , então:

$$K = w_d \cdot r_d + w_e \cdot r_e + \theta, \text{ porque } w_e + w_d = 1$$

Desta forma, o valor da terra seria determinado assim:

$$V_0 = \frac{R_0 \cdot (1 + g)}{w_d \cdot r_d + w_e \cdot r_e + \theta - g}$$

Feldstein (1980), diante do elevado aumento do preço das terras, no período 1970-1980, nos E.U.A., superior até em relação ao Índice Geral de Preços desse período, afirma que, num período inflacionário, os investidores e donos de terras, preocupados em se proteger das incertezas e da desvalorização monetária, orientam-se no sentido de fazer aplicações em terras, que, adicionalmente, lhes permite menores obrigações tributárias que as outras alternativas de investimento.

Alston (1986) fez um teste empírico para comprovar a solidez da tese de Feldstein. Como resultado, encontrou que, para os E.U.A., a revalorização das terras, no período 1960-1980, mostra uma correlação inversa com a inflação; quer dizer, maior inflação, menor preço da terra.

Burt (1986), com base na aplicação de um modelo econométrico para as terras de Illinois, no período 1960-1982, conclui que existe correlação entre o valor das terras e as rendas periódicas e os ganhos de capital de períodos anteriores. Neste sentido, seria válida a tese de Melichar.

$$V = f(a, V_{t-n})$$

onde:

V = Valor da terra de hoje

a = renda periódica

$V_{t-n}$  = ganhos de capital da terra em períodos anteriores

Finalmente, Falk (1991) aplica o Modelo da Renda Capitalizada para as terras de Iowa, no período 1921-1980, que lhe permite admitir a existência de correlação entre o valor das terras e sua renda periódica correspondente; no entanto, ele comprova que o primeiro é mais volátil que a segunda, possivelmente porque a taxa de desconto não seria constante ao longo do tempo.

Como conclusão acerca dos métodos para avaliar os solos agrícolas, poder-se-ia afirmar que quase todos os autores citados deram prova de grande dedicação no seu esforço para encontrar o valor das terras para todo um país, estado ou região, deixando de lado um princípio fundamental da Teoria do Equilíbrio Geral: a “unicidade de preços” exige homogeneidade dos bens na qualidade, tempo e espaço. Se, neste caso, com o desconto se estaria ajustando a homogeneidade no tempo, faltaria ainda o problema da qualidade e o espaço ou distância.

Uma alternativa para esta crítica poderia ser o uso do Método da Renda Capitalizada para cada unidade produtiva e, logo a seguir, para cada localidade ou região, com as vantagens que: no primeiro caso, identificar-se-iam as particularidades da qualidade ou da produtividade marginal da terra (quer dizer, os “rendimentos decrescentes” e as “economias de escala”, tratados no item 3.2 deste trabalho); e, no segundo caso, as “externalidades” geradas em cada localidade ou região. Para completar este trabalho do cálculo da renda de cada unidade produtiva e de cada localidade poder-se-ia utilizar o Modelo de Von Thunen, que considera especificamente as particularidades de cada unidade produtiva e a distância do percurso (centro de produção e centro de consumo) e o frete correspondente. Assim, estariam superadas as restrições da qualidade e distância ou espaço. <sup>62</sup>

## **5.2. Águas**

---

<sup>62</sup> Uma outra alternativa a considerar seria admitir que todas as unidades de terras em análise conservam, ao longo do tempo, a mesma estrutura de preços, em termos relativos (ver “Teorema da Mercadoria Composta”, em K. Lancaster, 1968, p. 121-27, e “Generalização para o Caso de Muitas Mercadorias” em J. Hicks, 1939, p. 30). No entanto, como o valor da terra é função crescente dos diferentes graus de

O recurso natural água doce é definido, em geral, como um recurso renovável, porque seu quantum e fluxo periódico é o mesmo ao longo do tempo e, também, sobre a face da Terra, embora existam algumas restrições sobre esta afirmação.

63

A água é vital para a sobrevivência humana, assim como para a da flora e da fauna, e em geral permite uma ampla gama de atividades econômicas e sociais. Ela pode ser tipificada como um bem de consumo ou bem final (consumo doméstico, recreação etc.) ou como um insumo da produção ou um bem intermediário (na indústria, geração de energia ou meio de transporte). Igualmente, a água pode ser classificada considerando-se as mudanças decorrentes de seu uso; quer dizer, este uso pode ser consuntivo (a água, depois de ser utilizada já não tem as mesmas condições qualitativas ou quantitativas para usos posteriores) ou não consuntivo (ela pode ser usada mais de uma vez sem maiores problemas).<sup>64</sup>

Uso Consuntivo <sup>65</sup>	Doméstico — urbano ou municipal Agricultura Industrial
Uso não Consuntivo	Navegação e transporte Geração de eletricidade Recreação e vida silvestre

---

urbanização e da escassez da terra agrícola, especialmente numa análise a longo prazo, esta alternativa não teria tanta sustentação.

<sup>63</sup> Entre estas restrições temos: 1º) Existe um período mínimo necessário para repor as perdas de água nos rios, lagos, pântanos e poços subterrâneos, que pode ser de horas, dias, anos ou milhares de anos, sucessivamente; 2º) A contaminação das águas; 3º) O esgotamento das águas subterrâneas obriga a escavações cada vez maiores e, subseqüentemente, maiores níveis de salinização.

<sup>64</sup> Usualmente, as águas são medidas como fluxo e como estoque. Como fluxos, aparecem em pés<sup>3</sup>/s ou m<sup>3</sup>/s, e como estoques, em pés-acre ou m<sup>3</sup>. Um pé-acre = 1.234 m<sup>3</sup>.

<sup>65</sup> Segundo Diana C. Gibbons (1986, p. 45), a estrutura de consumo da água nos níveis doméstico, agrícola e industrial são de 25%, 55% e 9%, respectivamente, para o caso dos Estados Unidos.

As preocupações dos economistas sobre o valor e preço do recurso água são antigas, como se pode constatar nas várias referências apresentadas na Revisão da Literatura deste documento, em especial as preocupações de Marshall (1879); no entanto, a aparente abundância deste recurso, a propriedade comum ou pública de muitas fontes e a inexistência de um mercado de águas que forme os seus preços e tarifas explicam a crença comum de que a água é um bem livre, de preço zero e cujo uso deveria se sujeitar ao interesse de seus usuários tradicionais e, ao se exigir algum preço por seu uso, este deve cobrir somente os custos de capital e de operação e manutenção para seu fornecimento. <sup>66</sup>

Se se aceitar como válido o pressuposto de que a água é um recurso escasso <sup>67</sup> e que ela é útil para o consumo e a produção, fica determinado um caminho para se pensar em um valor e preço da água em seu estado natural.

A seguir, desenvolve-se e deduz-se alguns métodos para estimar o valor e preço das águas doces, utilizáveis no consumo e na produção.

#### **a) Oferta e demanda para o uso consuntivo**

*Derivação do valor em um mercado dos recursos hídricos:* <sup>68</sup> se o montante da água disponível num período e espaço determinado é conhecido, ou, no melhor dos casos, fixo, e a quantidade de água demandada para usos consuntivos por unidade setorial consumidora é dada, então a somatória destes últimos daria a demanda total, que

---

<sup>66</sup> Dúvidas e reflexões aparecem continuamente na imprensa escrita. Veja-se, por exemplo, na **Gazeta Mercantil** de 08.12.92, p. 11, o artigo de Francisca Stella Faga, “Tendência é cobrar pelo uso da água”; na **Folha de S. Paulo** de 28.06.93, p. 1-15, Luís Eduardo Leal, “Estado quer que empresas paguem por água da Billings”; e no **O Estado de São Paulo** de 23.08.93, p.A-2, a carta do leitor Pierre Arthur Camps, “Preço da água”.

<sup>67</sup> Sobre a escassez crescente do recurso água em nível mundial, encontram-se excelentes reportagens em **O Estado de São Paulo** de 23.10.94, p.A-22, Ulisses Capozoli, “Crise de água chega com o próximo século”, e idem, no mesmo jornal e do mesmo autor, em 19.03.95, p.D-6, “Educação pode evitar a futura falta de água”.

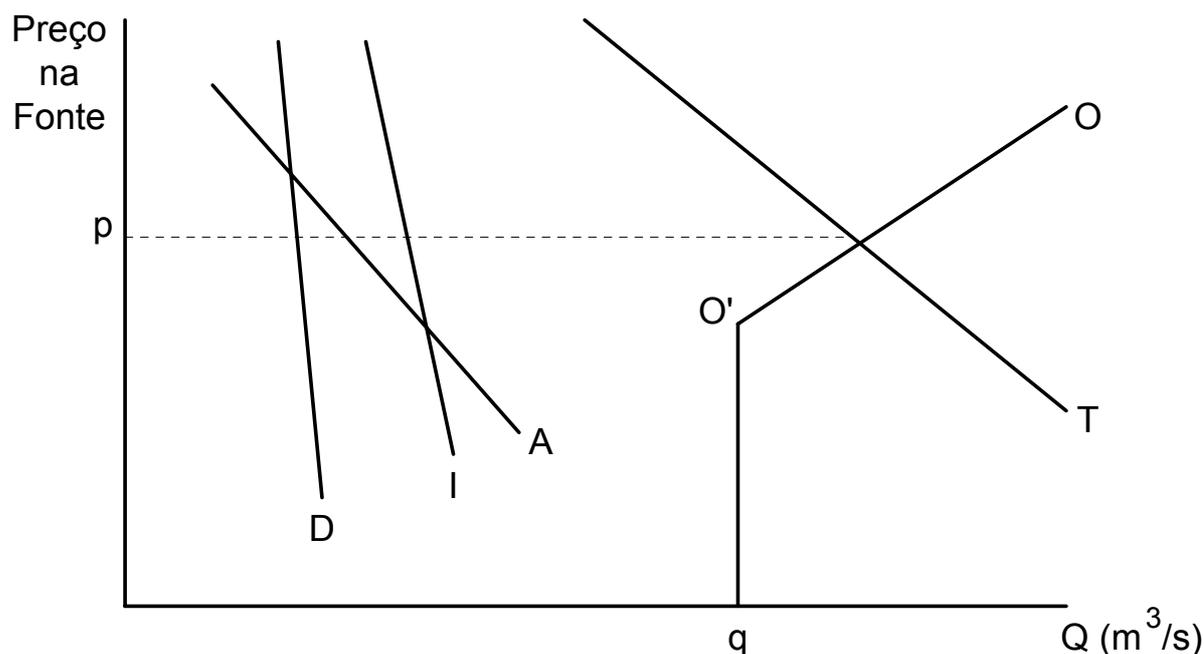
<sup>68</sup> Esta proposta está baseada no artigo de Saliba (1987, p. 619-23), no livro de Gregory (1972, Cap. 8 e 21) e na Tese de Giansante (1994, Vol. 2, p. 362-80).

comparada com a oferta existente formaria o preço de equilíbrio para este recurso, no lugar e momento determinados.

Para aplicar este método deve-se concordar, previamente, com a validade de um princípio básico da Teoria do Equilíbrio Geral, no instante em que afirma que a eficiência no uso dos fatores produtivos só se obtém quando estes conseguem o mesmo retorno marginal em qualquer de seus usos.

Como a destinação consuntiva é formada pelo uso das águas nos lares domésticos, na agricultura e na indústria, então estimar-se-iam as funções demanda para cada um destes setores. A somatória das três curvas de demanda permitiria estimar a curva da demanda total para uma fonte em particular, e sua conjugação com a oferta existente permitiria conhecer o preço de equilíbrio, como se pode ver no Gráfico 21.

Gráfico 21: Oferta conjunta e demanda agregada de água



A oferta do recurso água poderia ser obtida por meio das águas extraídas de poços subterrâneos e de barragens, que exigem um custo de capital e manutenção, assim como de águas provenientes das chuvas (lagos e rios), sem custo nenhum.

No Gráfico 21 tem-se, por um lado, a demanda para fins domésticos (D), para a indústria (I) e para a agricultura (A), cuja somatória dá a demanda agregada (T). Por outro lado, tem-se a oferta de água, formada pela extração de água subterrânea e de barragens (a linha O'O), de custos crescentes, e das águas de chuvas (a vertical qO'), sem custo nenhum.

A interseção da oferta conjunta, O, e da demanda agregada, T, formaria o preço de equilíbrio a ser cobrado pelo uso da água na fonte deste recurso, quer dizer, sem considerar os custos adicionais de extração, transporte e processamento, serviços estes exigidos pelo consumidor final.

Evidentemente, a função demanda de cada um dos componentes da economia (doméstico, industrial e agrícola) varia ao longo das estações do ano e também ao longo dos anos; igualmente, a oferta de águas, especialmente a derivada das chuvas, varia ao longo das estações e nem sempre ambas as mudanças têm o mesmo sentido. Isto indica que o preço da água estaria se ajustando permanentemente a estas

mudanças, embora o ideal fosse a definição de um patamar mínimo, que, além de sinalizar o equilíbrio, permitiria atender as contingências, o abastecimento futuro e a equidade social.

Saliba e outros (1987, p. 617-651) não acreditam no mecanismo do mercado como um eficaz sinalizador dos preços ótimos, porque, para eles, as diferenças entre os preços sociais e os preços de mercado são demasiado grandes; em todo caso, dizem eles, o preço de mercado seria uma fraca aproximação do valor social da água.<sup>69</sup>

A seguir, apresentam-se alguns métodos para estimar a função demanda e o valor e o preço da água, quando esta é utilizada no consumo doméstico, na agricultura e na indústria.

*A função demanda e o valor da água no consumo doméstico:*<sup>70</sup> a função demanda mostra a disposição a pagar dos consumidores, pelo recurso água; esta disposição a pagar, por sua vez, traduz o princípio da utilidade marginal decrescente.

Quando um consumidor ou um conjunto de consumidores se defrontam com uma curva de demanda de inclinação negativa aparecerão os chamados excedentes destes consumidores, caso sua disposição total a pagar seja maior que o dispêndio feito por determinada quantidade de água. Se da disposição total a pagar se deduz o preço pago pela quantidade da água consumida, tem-se o valor da água.

Isto pode ser explicado como segue:

---

<sup>69</sup> Em resumo, segundo Saliba e sua equipe: "... existem vários problemas potenciais a considerar no preço de mercado da água, quando se cogita considerá-la como um valor social marginal. Primeiro, em um mercado perfeitamente competitivo, os preços observados representam a disposição a pagar dos participantes, mas somente pela unidade marginal do fluxo de água. A disposição a pagar da coletividade, por ofertas adicionais de água, seria substancialmente mais baixa que o preço do mercado. Segundo, as atividades de mercado podem gerar externalidades, tal que os efeitos do uso da água e transferências não são adequadamente refletidos no preço de mercado. Algumas externalidades aparecem por causa dos indivíduos afetados pelas transferências de água ou pelos acréscimos na oferta que não participam no mercado e cujos impactos em seu bem-estar não estão refletidos no sistema de preços. Também os preços observados podem ser influenciados ao variar o grau da concorrência imperfeita e a incerteza legal e hidrológica. Finalmente, os preços de mercado podem refletir o acesso desigual à água e às oportunidades na distribuição da renda..." (tradução do autor).

<sup>70</sup> Para esta parte, usou-se como referência o trabalho de Diana C. Gibbons (1986, p. 7-21).

Considerando uma função demanda  $P = \frac{a}{Q^x}$ , que é uma hipérbole de Fermat, <sup>71</sup> onde:

P = Preço vigente no mercado

Q = Quantidade de água consumida (em m<sup>3</sup>/s, por ex.)

X = O inverso da elasticidade-preço: 1/|E|

O excedente do consumidor seria igual à área sombreada ABC do Gráfico 22. Esta área corresponde à diferença entre a disposição a pagar por uma quantidade determinada de água Q<sub>1</sub>Q<sub>2</sub> (área ABQ<sub>2</sub>Q<sub>1</sub>) e o dispêndio CB Q<sub>2</sub>Q<sub>1</sub>.

Este excedente seria dado pela seguinte expressão:

Excedente do consumidor:

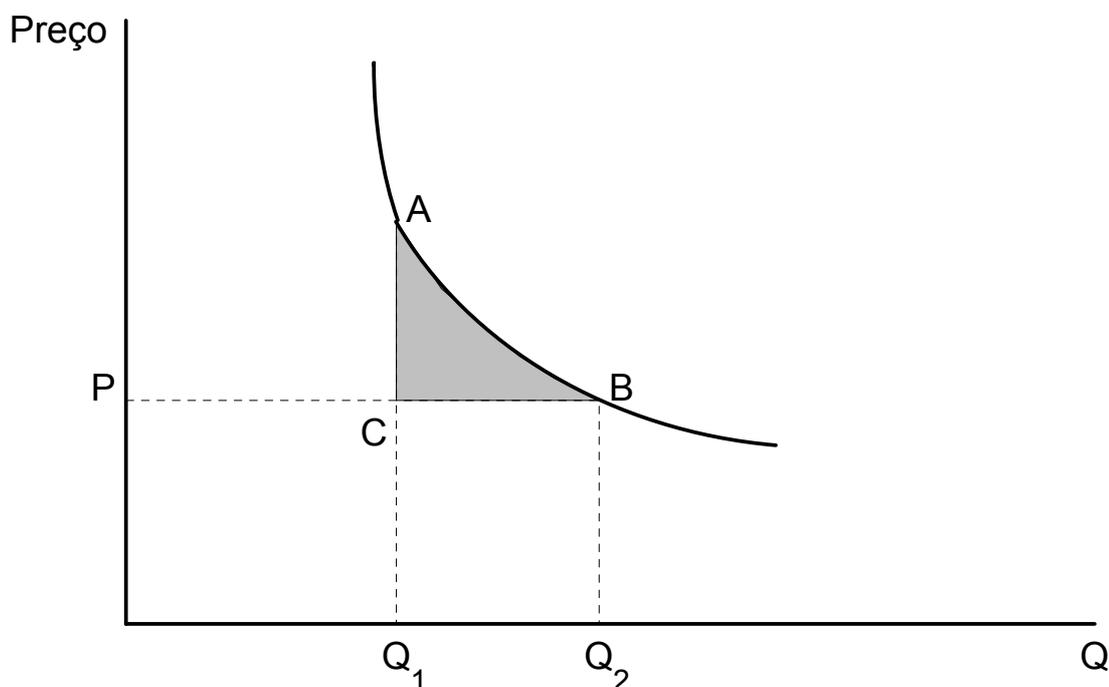
$$\int_{Q_1}^{Q_2} f(Q)dQ - (Q_2 - Q_1) \cdot P = \frac{P \cdot Q_2^x}{1-x} \cdot \left[ \frac{Q_2}{Q_2^x} - \frac{Q_1}{Q_1^x} \right]^{72}$$

*Gráfico 22: Curva de demanda de água e o excedente do consumidor*

---

<sup>71</sup> Segundo Jean E. Weber (1967, p. 83-4), uma hipérbole de Fermat tem seu centro na origem e suas assíntotas são os eixos coordenados. Se  $a > 0$  e  $x$  é ímpar, os ramos da hipérbole estão no primeiro e terceiro quadrante e são simétricos com relação à origem.

<sup>72</sup> Diana C. Gibbons, op. cit., p. 17.



Em resumo, este método exigiria conhecer a elasticidade da demanda  $|E|$ , o preço vigente no mercado  $P$ , e as quantidades  $Q_1$  (correspondente à maior disposição a pagar) e  $Q_2$  (o vigente no mercado). A elasticidade-preço pode ser estimada por cross-section ou por séries de tempo, ou até por indicadores de outra cidade com padrões e níveis de vida equivalentes àquela em que se pretende aplicar o método; e a disposição a pagar, por intermédio de questionários. Neste sentido, este método ficaria disponível para as pesquisas correspondentes.

Segundo Diana C. Gibbons, tal método já foi aplicado nas cidades de Tucson (1979), Raleigh (1973) e Toronto (1967).

Outra forma de avaliar o valor do recurso água no consumo urbano-doméstico seria mediante a aplicação do princípio “poluidor-pagador”, que prevê o ressarcimento dos danos causados à qualidade do recurso pelos causadores ou usuários correspondentes, neste caso os lares domésticos. Desta forma, estar-se-ia avaliando marginalmente pela disposição a pagar pela água, e desde que a água sem tratamento seja um bem livre.

Segundo Seroa da Motta et alii (1992, p. 19-22), o tratamento e recuperação das águas servidas no Brasil exigem tratamentos primário e secundário. O tratamento primário consiste em “...combinações de operações físicas e químicas que têm como

objetivo a eliminação de sólidos suspensos, coloidais, voláteis e graxas, bem como a remoção de odores e a desinfecção das águas residuais...”. O tratamento secundário compreende, adicionalmente, “...processos biológicos que convertem a matéria orgânica em sólidos sedimentáveis floculentos, que podem ser eliminados em tanques de sedimentação secundária”. O custo de cada um destes processos, no Brasil, e em dólares de 1988, era:

Tratamento Primário	US\$ 32,50/Hab.
Tratamento Secundário	US\$ 97,50/Hab.

Só restaria fazer os cálculos complementares destes dois níveis de tratamento, para os fluxos das águas servidas, para que se tenha condições de cobrar uma tarifa adicional de m<sup>3</sup>/mês, por exemplo, para os esgotos dos lares domésticos. Ter-se-ia, assim, outra forma de calcular o “valor” do recurso água, quando destinado ao uso urbano-doméstico.

### **Função demanda e o valor da água na agricultura <sup>73</sup>**

Segundo Saliba (1989, p. 520), dado que os preços pagos pelos agricultores pela água para irrigação e criação de animais usualmente não são diferentes entre vales, em geral não seria possível fazer estimativas das funções demanda que correlacionem quantidades-preços e, por esta razão, deve-se recorrer a outros métodos para fazer estes cálculos. Entre estes outros métodos podem ser citados os da função de produção, do valor residual, da programação linear e da demanda derivada.

O **Método da Função de Produção** exige conhecer, em detalhe, os fatores ou insumos que participam no processo da produção agrícola e inseri-los na expressão:

$$Q = f(A, T, K, L \dots)$$

---

<sup>73</sup> Este item tem como referência os trabalhos de Gibbons (op. cit., Cap. 2) e o artigo de Saliba (1989).

onde:

Q = Quantidade produzida

A = Participação do fator água

T = Participação do fator terra

K = Participação do fator capital

L = Participação do fator trabalho.

Aplicando derivadas parciais obter-se-ia a produtividade marginal de cada um destes fatores, no caso particular da água. O valor marginal do fator água seria igual à multiplicação da produtividade marginal da água pelo preço do produto agrícola.

O problema é que este método, em sua forma mais simples, admite ser possível a aplicação de diferentes quantidades de água fixando-se como constantes a terra, capital, trabalho e os outros insumos utilizados na agricultura. Igualmente, existe a possibilidade estatística de autocorrelação entre as variáveis.

Diana C. Gibbons cita vários exemplos de aplicação deste método, para a lavoura dos Estados Unidos.<sup>74</sup> Também, Saliba (1989, op. cit., p. 29) cita um exemplo de aplicação experimental no Arizona, no qual uma redução de 10% no abastecimento normal da água permitiu deduzir o valor marginal do recurso água. Ele seria de US\$ 21 por pé-acre de água, quando dedicado a sorgo, e US\$ 536, quando dedicado a tomates (em preços de 1980).

O **Método do Valor Residual** tem por objetivo determinar o valor do recurso água por meio da análise e desagregação dos orçamentos das unidades agrícolas, que possibilite subtrair da renda total obtida todos os gastos e despesas comprometidos em fatores e insumos que não sejam a água, caso esta seja o único fator fixo. Assim, por resíduo, obter-se-ia o valor deste recurso.

---

<sup>74</sup> Ver notas de rodapés 12 e 13, do Capítulo 2 da Gibbons.

Um problema surgiria caso se tipificasse também a terra e os equipamentos agrícolas como fixos; neste caso, a individualização das “rendas” e “quase rendas” seria difícil ou quase impossível.

Este método é igual ao método da “renda residual”, já apresentado neste documento quando se tratou da renda capitalizada. Dessa forma, todos os méritos e deméritos assinalados naquele item são válidos neste caso.

Saliba (1989, p. 520-1) enumera, igualmente, as seguintes exigências e cuidados que se deveria ter caso se pretenda aplicar o aqui referido método: <sup>75</sup>

- 1º) Que todos os fatores e insumos que não são água devem ser pagos por sua produtividade marginal correspondente, como ocorre num mercado concorrencial de insumos.
- 2º) Caso existam outros insumos sem preço, ou que seus preços não sejam compatíveis ou, ainda, que seu emprego não ocorra no ponto onde preço = valor da produtividade marginal, então o método não ofereceria a confiança necessária.

Diana C. Gibbons cita vários exemplos de aplicação deste método à lavoura norte-americana. <sup>76</sup> Também Saliba menciona vários estudos, nos quais se deduzem estes valores da água:

Kelso, Martin, Mack (1973):	US\$ 4 por pé-acre de água, para o sorgo e US\$ 236 para o algodão.
Martin e Snider (1979):	US\$ 133 por pé-acre de água, para o sorgo, US\$ 157 para a alface e US\$ 1280 para a cebola seca.
Bush e Martin (1984):	US\$ 38 por pé-acre de água, para alfafa e US\$ 133 para o algodão.

---

<sup>75</sup> Na verdade, Saliba cita, como autores destas deduções, Young & Gray “Input-Output Models, Economic Surplus, and the Evaluation of State or Regional Water Plans”, 21 *Water Resources Res.* 1819 (1985).

<sup>76</sup> Ver notas de rodapés 15 e 18, do Cap. 2 da Gibbons.

O **Método da Programação Linear** busca aplicar as técnicas da programação linear à agricultura para derivar o valor da água. Por ele se fixa um objetivo e se identifica suas restrições. Com base em uma série de simulações, determina-se qual seria o valor do recurso água. Por exemplo:

Objetivo: Maximizar o retorno econômico de uma fazenda determinada.

- Restrições:
- a) Terras limitadas para cada colheita
  - b) Custos unitários dos insumos
  - c) Tecnologia disponível
  - d) Requerimentos unitários de água para cada colheita
  - e) Preço das colheitas

O valor médio da água por colheita é estimado derivando uma série de soluções de programação linear, para um nível do custo da água, permanecendo estáveis todas as outras variáveis.

Diana C. Gibbons (op. cit.) faz referência a vários casos de aplicação deste método à lavoura dos Estados Unidos.<sup>77</sup>

O **Método da Demanda Derivada** pretende encontrar o valor do recurso água, por derivação indireta de sua participação na geração do valor do produto final em que ele participa. Ao longo deste estudo já se teve oportunidade de fazer referência aos aspectos teóricos e práticos deste método (Cap. 3 e 4), o que nos exime de fazer maiores comentários sobre ele.<sup>78</sup>

---

<sup>77</sup> Ver notas de rodapés 20, 21, 22, 23, 24 e 25, do Cap. 2 da Gibbons.

<sup>78</sup> Diana Gibbons cita um exemplo de aplicação prática da demanda derivada, qual seja, o trabalho de C. R. Shumway, "Derived Demand for Irrigation Water: The Califórnia Aqueduct", *Southern Journal of Agricultural Economics*, Vol. 5, Nº 2, p. 195-203. December 1973.

## **Função demanda e valor da água na indústria <sup>79</sup>**

A água é um insumo fundamental para quase todas as indústrias, especialmente nas tarefas de lavagem, refrigeração, cocção e transporte e dissolução de esgotos; no entanto, o preço que geralmente se paga por ela é mínimo ou insignificante, quando comparado com os outros fatores ou insumos da indústria.

Para a determinação de sua função demanda poder-se-ia seguir os mesmos procedimentos indicados no caso do uso agrícola. Todavia, pelo fato assinalado do preço mínimo pago por ela, os resultados obtidos poderiam ser também baixos ou até nulos para o valor do recurso em questão.

Por esta razão, aconselha-se abordar o problema de estimação do valor da água utilizada na indústria pelo lado do custo de recuperação das águas servidas na indústria; isto é, pesquisar qual é o custo de recuperação e despoluição dos esgotos industriais. Neste caso, como igualmente assinalado para o consumo urbano-doméstico, este recurso seria avaliado marginalmente, pela disposição a pagar pela água, e desde que a água sem tratamento fosse um bem livre.

Diana C. Gibbons menciona uma série de experiências para estimar o custo de tratamento e diluição das águas servidas nos Estados Unidos. Estes valores variam entre um mínimo de US\$ 0,48 por pé-acre de água servida, até um máximo de US\$ 6,98, em preços de 1980.

Saliba também cita experiências que mostram o custo de recuperação das águas servidas da indústria. Estes variam entre US\$ 466 por pé-acre de água, no caso de têxteis, e US\$ 658, no caso do algodão. Evidentemente, os extremos mostrados denotam a falta de consenso, pelo menos nestes dois casos.

---

<sup>79</sup> Este item se apoiou nos trabalhos de Diana C. Gibbons (op. cit., Cap. 3 e 4) e Saliba (1989, op. cit.).

## **b) Oferta e demanda para uso não consuntivo**

### **Valor do recurso água, quando utilizado como via de transporte <sup>80</sup>**

Hoje, ainda uma grande parte do transporte de carga utiliza os sistemas navegáveis de rios, canais, barragens naturais e artificiais, existentes ao longo de todos os territórios.

Usualmente, o frete do transporte fluvial é menor que os seus similares imediatos, como os rodoviários ou ferroviários. A diferença existente entre a disposição a pagar pelo transporte fluvial e o seu concorrente mais imediato (ferroviário) seria o valor econômico bruto da água, quando utilizada como via de transporte.

Para estimar o valor líquido da água deve-se deduzir, do valor bruto assinalado anteriormente, os custos e despesas para a construção, manutenção e operação das vias de água, quando existam. A lógica deste raciocínio repousa no pressuposto de que os fretes ferroviários refletem tanto os custos fixos como os variáveis. No caso do transporte fluvial, além do custo de aquisição e manutenção dos barcos e botes, usualmente não se considera qualquer pagamento pelo uso da via.

O valor assim determinado, dividido pela quantidade de água existente em cada uma destas vias, forneceria o valor unitário da água.

Segundo Gibbons (op. cit.), as desvantagens deste método são que este não considera o valor do tempo utilizado nas viagens, que usualmente é maior nas vias de água, e que ao assumir como válida uma relação permanente e rígida, preço = custo aceita-se a existência de uma demanda infinitamente elástica para o serviço de transporte, fato que não é correto.

Diana C. Gibbons informa que nos Estados Unidos, em média, existe uma diferença de US\$ 5 milésimos t/milha nos fretes do transporte ferroviário e fluvial.

---

<sup>80</sup> Este item se apoiou no trabalho de Diana C. Gibbons (op. cit., Cap. 6).

## Valor do recurso água, quando utilizado para a geração de eletricidade <sup>81</sup>

O meio mais prático para derivar o valor das águas, quando utilizado na geração de eletricidade, não seria mediante uma análise da demanda por eletricidade, mas por meio da comparação dos custos alternativos de geração de eletricidade, por algum outro meio.

A curto prazo, poder-se-ia utilizar as diferenças nos custos de operação e manutenção (que não considera custos de capital) para determinar o valor da água comprometida na geração de eletricidade.

Por exemplo, Diana C. Gibbons (op. cit.) compara os custos de operação e manutenção (custos marginais) de uma usina a carvão e outra a água:

---

Custo de Operação e Manutenção para Usinas de Eletricidade nos Estados Unidos 1980 US\$ milésimos/kW/h	
Usina a carvão	18,52
Usina hidráulica	1,52

---

Isto quer dizer que a diferença entre estes dois valores, 17 milésimos de dólares/kW/h, seria o valor atribuível à água comprometida nesta gestão. Segundo citações da mesma Gibbons, nos Estados Unidos, em média, a queda de um pé-acre de água (ou 1.243 m<sup>3</sup> de água) gera 0,87 kWh, logo, neste caso, o seu valor monetário (de um pé-acre de água) seria de US\$ 0,01479 <sup>82</sup>.

Numa análise de longo prazo, deveriam ser consideradas as diferenças existentes no custo total.

---

<sup>81</sup> Este item se apoiou no trabalho de Diana C. Gibbons (op. cit., Cap. 7).

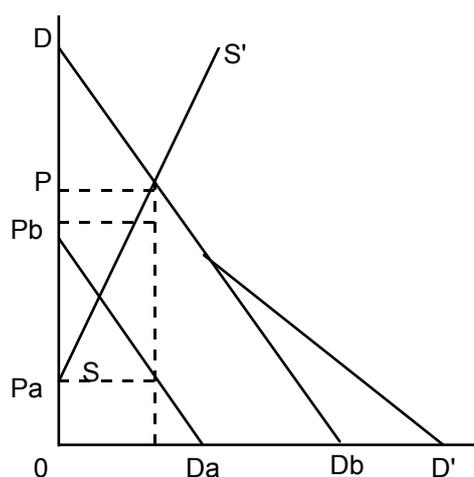
<sup>82</sup> Este procedimento só seria válido caso se assumisse que o custo médio da produção de carvão fosse igual à sua disposição a pagar, e que a longo prazo todos os fatores participantes da produção obedecessem às leis da concorrência perfeita.

Este método só seria válido caso o recurso água fosse abundante, de tal forma que seu uso na geração de eletricidade não comprometesse usos alternativos da mesma.

### Corolário

Numa análise mais rigorosa dever-se-ia assinalar que as águas doces têm as características de serem um bem privado (uso consuntivo) e um bem público (uso não consuntivo), já que neste último caso não se cumprem os princípios básicos de “rivalidade” no consumo e “exclusão” pelo preço, próprios dos bens privados. Neste sentido, e segundo Musgrave (1973, p. 41-65), no caso dos bens privados passa-se a somar horizontalmente as demandas dos indivíduos ou setores de uso (Gráfico 21), e no caso dos bens públicos deve-se somar verticalmente as demandas individuais, para, assim, obter-se a demanda total por este serviço, tal como se vê no Gráfico 23.

Gráfico 23: Oferta conjunta e demanda de um bem público



Demanda Agregada  $DD' = D_a + D_b$

Oferta Agregada =  $SS'$

Disposição a pagar de a =  $P_a$

Disposição a pagar de b =  $P_b$

Receita Total = Custo Total

$P_a + P_b = OP$

Segundo Hersztajn (1995), no caso em que se considere que a água para fins não consuntivos precise ser renovada periodicamente, seria procedente a agregação

horizontal das curvas de demanda, como bem privado e como bem público, em termos de uma mesma unidade de medida.

*“... A soma horizontal das curvas de demanda por água como bem público e como bem privado se justificaria, ainda, intuitivamente pelo fato de que as duas classes de utilização são incompatíveis e, portanto, rivais — aquela parte da quantidade total que é retirada dos cursos de água deixa de estar disponível para ser utilizada dentro dos próprios cursos de água e vice-versa. Portanto, mesmo que a água permaneça nestes, seria vista pela outra classe de usuários como se estivesse sendo ‘consumida’ em outras atividades ...”*

### 5.3. Florestas

As florestas são constituídas pelo manto de árvores, plantas e flora em geral, que vivem em forma natural por toda a superfície da Terra. Segundo Armas (1981, p. 36-8) estes recursos podem classificar-se assim:

Floresta natural	segundo sua composição florística	bosques homogêneos bosques heterogêneos
	segundo sua acessibilidade e fragilidade	bosques de produção bosques de proteção

Os **bosques homogêneos** são próprios de climas temperados (Europa Central e América do Norte) e se caracterizam por sua composição florística simples, com um baixo coeficiente de mistura, que permite a existência de poucas espécies por unidade de superfície, porém de alto valor em fibra, polpa e madeira.

Os **bosques heterogêneos** são próprios das zonas tropicais, e se caracterizam por apresentar uma composição florística complexa, com um alto coeficiente de mistura, quer dizer, um alto número de espécies por unidade de superfície, porém de baixo ou pobre valor em fibra, polpa e madeira.

Os **bosques de produção** são aqueles que apresentam condições ecológicas apropriadas para sua extração, em forma permanente e sustentável, além das facilidades de acesso.

Os **bosques de proteção** apresentam condições ecológicas desfavoráveis para sua adequada exploração, com deficientes condições de acessibilidade. Em troca, apresentam um grande valor na defesa do meio ambiente, no que se refere a evitar a erosão dos solos e a regulagem dos afluentes hídricos. Igualmente, são fontes de preservação da flora e da fauna, assim como, pelo seu valor estético, apropriado para a recreação e o turismo.

Neste sentido, então, nem tudo o que é bosque natural deve ser identificado como possível de extração e transformação, embora no mundo em geral se assista a um processo de intensa extração destes recursos, como se pode apreciar na Tabela 5, a seguir.

*Tabela 5: Florestas tropicais: existência e extração (milhões de ha)*

<b>Categorias</b>	<b>Mundo</b>	<b>Brasil</b>
existente inicialmente	1500-1600	462
existente atualmente	900	420 *
superfície desmatada	600-700	42 **
média desmatada e degradada / ano	20	3, 5-4, 8 *

Fontes: Elaborado com base nos dados de: Anderson e Bojo, 1991, p. 1 (no caso do mundo), e \* Motta & May, 1992, p. 6, 9 e \*\* **O Estado de São Paulo**, 05.09.93 - "Especial Amazônia" (no caso do Brasil).

Admitindo-se que os bosques de produção não cheguem a 50% dos bosques em geral, poder-se-ia afirmar que seguindo as atuais tendências este recurso se esgotaria totalmente, em nível mundial, num prazo de vinte e poucos anos e, no caso de Brasil, num prazo de 40-60 anos.<sup>83</sup>

Uma adequada avaliação econômica dos recursos florestais deve considerar, então, tanto a existência global deste recurso como a parte que ecologicamente é possível de ser extraído, sem ocasionar danos irreversíveis à natureza e à própria sobrevivência da espécie em análise.

Qualquer árvore leva um tempo determinado para se desenvolver, até atingir seu máximo nível madeireiro. Este período varia segundo a espécie considerada, podendo se situar entre 30-50 anos (Morehouse, 1935, p. 139).

Pode-se afirmar, portanto, que o valor madeireiro ( $V$ ) é função do tempo ( $t$ ).

$$V = f(t)$$

Considerando-se a floresta como um recurso renovável, cujo desenvolvimento obedece a uma curva quadrática, do tipo exposto no Gráfico 15, pode-se atribuir a ela uma função do tipo:

$$V_t = at - rt^2$$

na qual  $a$  e  $r$  são constantes:  $a > 0$  e  $0 < r < 1$ ;  $r$  representaria a taxa de capitalização da floresta. Para determinar o período  $t$  no qual  $V_t$  é maximizado, é necessário obter-se o seu valor extremo.

$$\frac{dV_t}{dt} = a - 2rt = 0$$

---

<sup>83</sup> Esta afirmação se reforça com o alerta dado pelo Banco Mundial (citado em *The Economist* p. 26, October 15, 1989) no sentido de que dos 33 países que hoje exportam madeiras tropicais só 10 continuarão a fazê-lo até o fim desta década. Igualmente, na última conferência da CITES (Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas), realizada em Novembro / 1994, na Flórida EUA, discutiu-se a possibilidade de se considerar o mogno ("caoba" em espanhol) entre as espécies que podem atingir o perigo de extinção (Apêndice 2). Hoje, já são espécies desaparecidas o jacarandá da Bahia e o pau-brasil.

$$a = 2rt \quad \text{e} \quad r = \frac{a}{2t}$$

Nesta última expressão dá-se uma relação inversa entre  $r$  e  $t$ . Quer dizer, quanto maior a taxa de capitalização ou taxa de juros menor seria o lapso de tempo para o início do período de corte da árvore e vice-versa. <sup>84</sup>

No caso de se considerar os custos de extração ( $C$ ) e se cogite no momento mais adequado para fazer a extração, então deve-se considerar a relação seguinte, devidamente descontada:

$$\Pi = (V_t - C)e^{-rt} = V_t e^{-rt} - C e^{-rt}$$

$\Pi$  é o valor atual do fluxo líquido dos benefícios ( $V_t$ ) e custos ( $C$ ). Para determinar o momento ótimo de corte, passa-se a fazer a derivação com respeito ao tempo.

$$\frac{d\Pi}{dt} = V_t^l e^{-rt} - V_t r e^{-rt} + C r e^{-rt} = 0$$

$$\frac{d\Pi}{dt} = (V_t^l - V_t r + Cr) e^{-rt} = 0$$

$$V_t^l = V_t r - Cr = r(V_t - C)$$

Ou

$$r = \frac{V_t^l}{V_t - C} \quad ^{85}$$

---

<sup>84</sup> Por exemplo: Se  $a = 5$  e  $r = 0,10$ , o período de corte seria  $t = 25$ .

Se  $a = 5$  e  $r = 0,05$ , o período de corte seria  $t = 50$ .

<sup>85</sup> Esta relação é conhecida como “regra básica” por muitos economistas florestais (C. Clark, 1976 Cap. 8); não obstante, Samuelson (1976, p. 478) lhe reconhece valor somente no caso em que as terras ocupadas pelas florestas sejam terras marginais, não apropriadas para outros usos.

Esta última equação pode ser tomada como a condição ótima para escolher o melhor momento do corte e venda da madeira.  $V_t^l$  representa a taxa marginal de acréscimo no valor da floresta, conforme avance o tempo.  $V_t - C$  representa o valor líquido, não descontado, no momento em que se decida fazer o corte e venda da árvore.

No entanto, não são estes os únicos critérios a serem levados em conta quando se decide avaliar a economia das florestas, porque além dos itens tradicionais, como madeira, polpa e lenha, o bosque gera utilidades (“externalidades”) para outros campos da economia e a humanidade em seu conjunto. Entre estas externalidades tem-se (Anderson & Bojo, 1991):

- a) Na produção de colheitas e criação de animais:
  - . Controla e combate a erosão dos solos
  - . Fertiliza e umedece os solos
  - . Recarrega os aquíferos subterrâneos
  - . Protege as colheitas contra ventos, chuvas e geadas
- b) Sua extração total ocasiona danos irreversíveis:
  - . Afeta a sobrevivência da flora e da fauna, terrestre e aquática
  - . Afeta a existência e o volume das fontes de água
  - . Favorece as enchentes e inundações
- c) Sua permanência e conservação significa:
  - . Lugar de recreação e distração, para o turismo
  - . Berço da diversidade biológica <sup>86</sup>
  - . Estabiliza e melhora o clima. As árvores absorvem o dióxido de carbono e produzem oxigênio, e regulam a temperatura do meio ambiente

---

<sup>86</sup> Segundo o Instituto Smithsonian, USA, as florestas tropicais contêm quase a metade das espécies animais e florestais da terra, e já hoje em dia um quarto dos medicamentos dos Estados Unidos tem sua origem nas plantas tropicais (Citado no *The Economist*, p. 25, October 15, 1988).

Por todas estas razões, quase todos os economistas florestais ressaltam a condição de bem público deste recurso, mais ainda quando se verifica o livre acesso dele ante a pobreza e falta de alternativas de grande parte da população carente e os anseios de rápido enriquecimento de uns poucos.

Existem possibilidades de se definir um montante sadio e sustentável para a extração dos recursos florestais. Isto se conseguiria quando se atingisse o nível da “máxima produção sustentável”, que significa igualar a taxa de regeneração natural da espécie com a taxa de extração das mesmas. Com a ajuda dos gráficos 15 e 18, e as equações que lhe dão suporte, pode-se compreender melhor este ponto.

$$\text{Em } \frac{dX}{dt} = f(X) - H_t \quad \text{exige-se que } f(X) = H_t.$$

A exploração sustentável da floresta significaria limitar a taxa de extração  $H_t$ , exatamente no mesmo nível de regeneração da espécie  $f(X)$ . Isto significaria impor um sistema de exploração da floresta “sob manejo”.

Igualmente, quando se analisa a forma de como se definem os preços dos derivados da floresta, pode-se utilizar o instrumental teórico apresentado no item 3.5, anterior (no caso dos recursos naturais renováveis):

$$P_t = \frac{\partial C}{\partial H_t} + \frac{\partial C}{\partial X_t}$$

Onde  $\partial C / \partial H_t$  representa o custo marginal da extração e  $\partial C / \partial X_t$  representa o custo marginal relacionado com a diminuição da biomassa ou reserva natural.

No caso das florestas homogêneas, usualmente se considera que o custo marginal de extração é uma constante ao longo do tempo (Howe, 1979, p. 231). No entanto, nas florestas tropicais, segundo Aécio Cunha (1988, p. 225), cabem duas possibilidades:

- 1) se a extração fosse de alto vulto, com a utilização de maquinaria pesada e sem os cuidados seletivos, os custos marginais da extração seriam decrescentes;

- 2) pelo contrário, caso se exija uma extração seletiva, de espécies que nem sempre estão uniformemente distribuídas, e cuja biomassa fosse diminuindo ao longo do tempo, então os custos marginais seriam crescentes.

Quer dizer, por um lado, tem-se possibilidades de preços decrescentes (a curto prazo, porque a longo prazo toda a floresta se extinguiria) e, por outro, preços crescentes, em proporção à existência das espécies nobres.

Então, regular níveis ótimos de  $H_t$  e  $P_t$  irá exigir um manejo sustentável e seu tratamento como bem público, sob pena de extinção total do recurso. <sup>87</sup>

Com estes antecedentes e assumindo-se que os bosques tenham um manejo sustentável, passa-se a deduzir alguns métodos para avaliar economicamente os recursos florestais.

### **Método do custo de substituição <sup>88</sup>**

Dada uma floresta nativa ao lado de uma floresta cultivada, o valor da primeira pode ser calculado considerando o custo da última. Com um exemplo bastante simples pode-se explicar este método.

Se uma determinada plantação requer um investimento líquido de US\$ 1.000/ha, e as árvores correspondentes só estarão disponíveis passados 50 anos, então o valor deste investimento, capitalizado a uma taxa de juros de 6% ao ano, seria:

$$V_{50} = 1000 (1 + 0,06)^{50} = 18.420,00$$

---

<sup>87</sup> Existem denúncias de que hoje em dia vigora todo um esquema de disposições legais, de políticas econômicas (impostos, subsídios e créditos oficiais) e práticas de posse e propriedade, que premiam e estimulam a extração indiscriminada dos bosques, para seu uso como terras agrícolas ou simples reservas de valor (com pouco sucesso na lavoura) que ameaçam a sobrevivência das florestas tropicais (*The Economist*, p. 91, March 18, 1989).

<sup>88</sup> Elaborado com base em Mikesell (1989, p. 293-4).

Se o valor de venda das árvores, neste último período, é de US\$ 25.000, e o custo de extração, US\$ 4.000, então a renda líquida seria de US\$ 2.580.

No caso da floresta nativa, tanto o valor de venda como os custos de extração seriam os mesmos da floresta cultivada, e imputando-se um lucro normal de US\$ 2.580 para este caso ter-se-ia, por diferença, o valor do ativo natural como igual a US\$ 18.420.

No caso em que a floresta fosse de propriedade pública, este montante de US\$ 18.420/ha seria o mínimo a exigir de quem estivesse disposto a extrair as árvores existentes nela. No caso da floresta nativa ser de propriedade particular, este montante de US\$ 18.420/ha seria o montante de referência para cobrar taxas ou impostos pelo corte das árvores correspondentes. Em ambos os casos estes montantes arrecadados serviriam para pesquisa, administração e investimento em reflorestamento das áreas desbravadas.<sup>89</sup>

Esta forma de avaliar as florestas permitirá obter apenas um valor aproximado delas, já que não se estaria considerando o valor de todos os danos ocasionados ao meio ambiente em geral, nem as diferentes qualidades das árvores existentes num bosque. Seu uso e aplicação só seria aconselhável para casos isolados.

### **Método da produção sustentável**

A extensão total das florestas existentes passa a ser avaliada por espécies e localidades, para determinar sua área em hectares, suas taxas de regeneração natural, seu potencial madeireiro e o montante máximo que se poderia extrair dela, e sem afetar suas possibilidades de regeneração natural. Todo este processo é apresentado na Tabela 6.

---

<sup>89</sup> Coincidentemente, José Goldemberg assinala que o custo de reflorestamento por hectare, no Brasil, é de cerca de US\$ 1.000 (*O Estado de São Paulo*, 06.12.94, p.A-2).

Com base nesta tabela poder-se-ia afirmar que o Brasil tem um potencial madeireiro de 32 bilhões de m<sup>3</sup>. No entanto, seria sadio e aconselhável extrair somente um máximo de 212 milhões de m<sup>3</sup> / ano (0,66% do potencial madeireiro). Desta forma, ficaria garantida a sobrevivência perpétua deste recurso.

Se, hipoteticamente, se chegasse a extrair dessas florestas um montante de 212 milhões de m<sup>3</sup>/ano de madeira, que seria um montante assegurador da sua perpetuidade, e tomando uma média de US\$ 500 por m<sup>3</sup> de madeira, <sup>90</sup> ter-se-ia um valor aproximado de 100 bilhões de dólares anuais. <sup>91</sup>

Aplicando a fórmula da perpetuidade apresentada no item 4.2 anterior e tomando uma taxa de juros de 10% ao ano ter-se-ia:

$$V_0 = \frac{100 \text{ bilhões}}{0,10} = 1 \text{ trilhão de dólares}$$

Quer dizer, o valor atual das reservas florestais do Brasil, considerando somente as possibilidades ideais de extração de madeira, <sup>92</sup> seria de um trilhão de dólares, valor-capital que merece ser cuidado zelosamente.

Caso se cogite sobre qual dos dois métodos apresentados é mais aconselhável, deveria-se preferir este último, já que ele oferece garantias de se ter sempre um mínimo sadio de áreas florestais.

---

<sup>90</sup> Em 1993 o Brasil exportou 174 mil m<sup>3</sup> de mogno, a um preço médio de US\$ / tonelada 850. (**Folha de São Paulo**, 13.11.94, p. 6-16).

<sup>91</sup> Só para fins de comparação, apresenta-se o caso do Peru. Este país tem 75 milhões de ha em bosques naturais e um potencial madeireiro de 7 bilhões de m<sup>3</sup> (Armas, 1981, p. 36) e o volume ideal de extração era de 153 milhões de m<sup>3</sup>/ano (INP 1980, Tomo I, p. 84), que significa uma proporção de 2,16%. Esta maior proporção relativa poderia ser explicada pela data desses levantamentos, quando ainda não era claro o problema ecológico atual.

<sup>92</sup> Não se deveria descartar a possibilidade de se poder dimensionar a riqueza e a renda periódica que se poderia obter pela exploração sustentável de todo o conjunto da flora e fauna existente nas florestas naturais. Segundo o último relatório do Fundo Mundial para a Natureza (WWF), a comercialização de animais silvestres no Brasil representa um montante anual entre US\$ 500-700 milhões, e no mundo inteiro ele chega a US\$ 10 bilhões/ano. (citado na **Folha de São Paulo**, 04.06.95, p. 3-9).

**Tabela 6: Estimativa da produção sustentável de madeira no Brasil 1985**

Regiões e Estados	Superf. Florest. 1000 ha <b>A</b>	Potencial Madeireiro		Extração Sustentável		
		Unitário m <sup>3</sup> /ha <b>B</b>	Total Milh.m <sup>3</sup> <b>C = A . B</b>	Unitário m <sup>3</sup> /ha <b>D</b>	Total Mil m <sup>3</sup> <b>E = D . A</b>	Relativ % <b>F = E / C</b>
NORTE	314.902	—	26.686	—	172.847	0,65
Acre	14.275	70	999	0,48	6.852	0,69
Amapá	12.324	90	1.109	0,60	7.394	0,67
Amazonas	151.936	90	13.674	0,60	91.162	0,67
Pará	102.796	80	8.224	0,48	49.342	0,60
Rondônia	17.049	70	1.193	0,48	8.184	0,69
Roraima	16.522	90	1.487	0,60	9.913	0,67
NORDESTE	24.000	—	1.050	—	6.882	0,66
Alagoas	373	40	15	0,48	179	1,19
Bahia	4.582	37,5	172	0,20	916	0,53
Ceará	844	37,5	32	0,20	169	0,53
Maranhão	6.592	60,0	396	0,50	3.296	0,83
Paraíba	1.079	37,5	40	0,20	216	0,54
Pernambuco	3.982	37,5	149	0,20	79	0,53
Piauí	4.165	37,5	156	0,20	833	0,53
Rio Gde. Norte	1.779	37,5	67	0,20	356	0,53
Sergipe	604	37,5	23	0,20	121	0,53
CENTRO-OESTE	61.673	—	3.481	—	24.524	0,70
Dist. Federal	281	45,5	13	0,20	56	0,43
Goiás (Incl. TO)	9.944	45,5	452	0,20	1.989	0,44
Mato Grosso	43.533	61	2.656	0,48	20.896	0,79
Mato Gr. do Sul	7.915	45,5	360	0,20	1.583	0,44
SUDESTE	11.114	—	564	—	3.184	0,56
Esp. Santo	405	67	27	0,64	259	0,96
Minas Gerais	8.397	45,5	382	0,20	1.679	0,44
Rio de Janeiro	646	67	43	0,64	413	0,96
São Paulo	1.665	67	112	0,50	833	0,74
SUL	8.111	—	543	—	4.500	0,83
Paraná	3.439	67	230	0,50	1.720	0,75
Rio Gde do Sul	1.497	67	100	0,50	749	0,75
Sta Catarina	3.174	67	213	0,64	2.031	0,95
BRASIL	419.800	—	32.324	—	211.937	0,66

Fonte: Elaborado com a utilização de dados contidos em Motta & May, 1992, Tabelas 1 e 3. Estes últimos, por sua vez, citam o IBDF 1983, IBAMA, 1991, FAO 1985 e Veloso & Góes, 1982, respectivamente.

## 5.4. Cenários naturais

A natureza também oferece espaços que se destacam por sua beleza natural, sua biodiversidade de flora e fauna silvestre, a par de brindar a todos com a sua amplitude e muito lazer, desde que cada um contribua para a conservação de sua integridade natural. A classificação destas áreas obedece a uma série de padrões, um dos quais poderia ser a seguir apresentado: <sup>93</sup>

- a) Áreas de preservação permanente (restingas, margens de rios e lagos, orlas e praias do mar etc.);
- b) Áreas do patrimônio nacional (Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal Matogrossense e a Zona Costeira);
- c) As unidades de conservação (reserva biológica, estação ecológica, parque nacional, parque estadual, parque municipal, monumento natural, refúgio da vida silvestre etc.).

Em geral, a Constituição e as leis de cada país costumam definir e delimitar cada uma destas áreas, tipificando-as quase sempre como de propriedade pública. Inclusive as dimensões destes cenários chegam a ser consideráveis. Por exemplo, o espaço considerado como Mata Atlântica, no Brasil, chega a 1,1 milhão de km<sup>2</sup>, ou seja, quase 13% do território nacional (Decreto Lei 750/1993). Adicionalmente, segundo dados obtidos do Anuário Estatístico do Brasil (IBGE, 1994, p. 1-135 / 1-139), o Brasil tem quase 33 milhões de ha (3,86% do território nacional) tipificados como unidades de conservação, entre reservas e parques de vários tipos. <sup>94</sup>

---

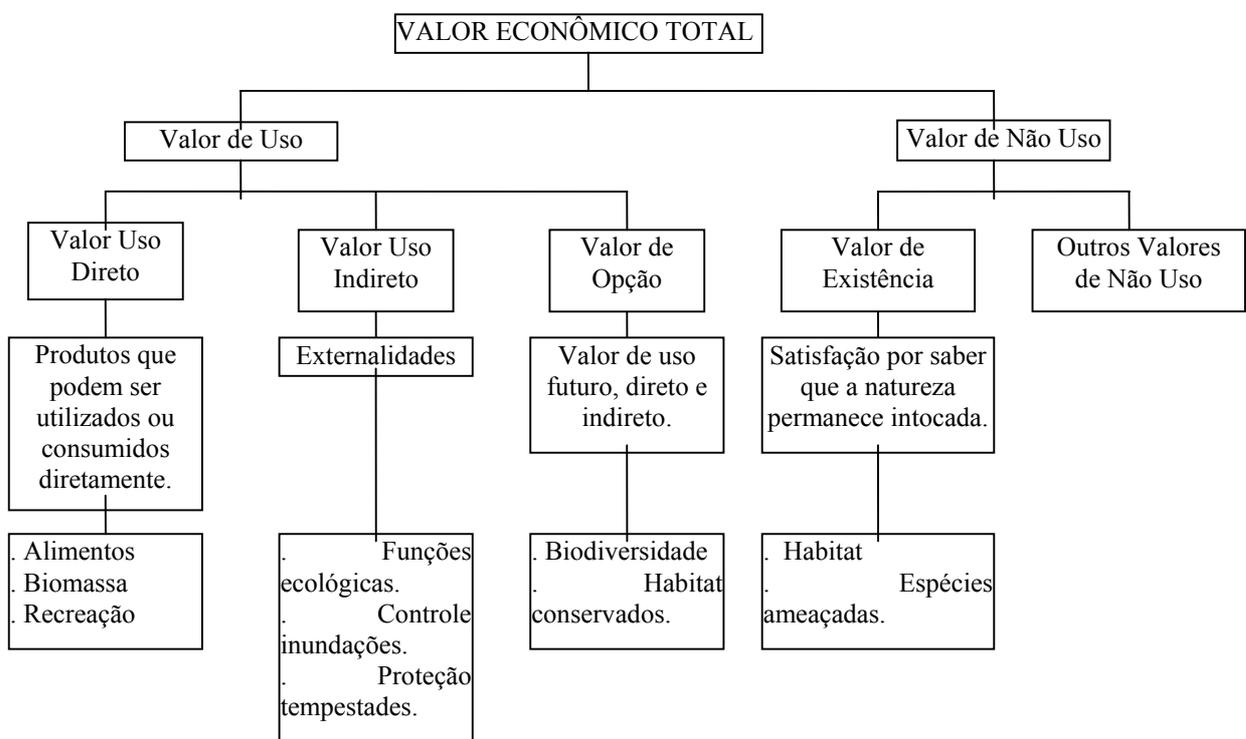
<sup>93</sup> Conforme Portaria nº 18, que publica o Anteprojeto de Lei da Consolidação das Leis Federais do Meio Ambiente, publicado no **Diário Oficial da União**, Brasília 17.02.1992, Suplemento nº 33.

<sup>94</sup> Só para fins de comparação: no caso do Peru quase 9% de seu território tem a categoria de intangíveis e administrados (7,3 milhões de ha como bosques nacionais, 4,2 como parques, reservas e santuários e, dentre destes últimos, 2,5 como reservas da biosfera, Programa MAB-UNESCO). Presentemente, tramita uma proposta para elevar de 26 a 38 o número de unidades de conservação, dentro do Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SINAMPE.

Entre as razões para definir estes lugares como ativos naturais e postular sua conservação à perpetuidade deve-se contar também com os fundamentos econômicos. Mas, como estimar este valor?

Entre as várias instituições e economistas, especialmente ligados a organismos internacionais, aparece uma postura consensual de avaliação do patrimônio natural, como mostra o Gráfico 24.

Gráfico 24: Valores econômicos das áreas de conservação



Fonte: Elaborado com base no Gráfico 3 de Ismail Serageldin (1993, p. 3).

Seguindo a ordem deste gráfico, procurou-se definir esses conceitos e descrever a forma de estimar estes valores, consoante ao exposto a seguir:

## Valor de uso direto

Seria o proveito que se pode obter destas áreas, pelo uso e consumo direto de seus derivados, desde que o nível da extração ou qualquer forma de uso seja sustentável, isto é, que não seja afetada a sua integridade natural. Seria o caso da extração de madeira, que se acaba de rever, ou a caça, a pesca, o recolhimento de frutos e raízes, e o turismo e esportes em geral, em todos os quais deve-se respeitar o princípio básico de que o uso e a extração não excedam a relação  $f(X) = H_t$ , vista anteriormente, ou que, nos casos do turismo e da recreação, estes se façam com os necessários cuidados para não deteriorar estes ativos. No caso dos bens extraídos sustentavelmente, estes seriam avaliados por seu correspondente valor do mercado, como foi referido no caso da madeira. No caso da recreação, existem alguns métodos indiretos, como:

- . O Método do Custo de Viagem
- . O Método Hedonístico
- . O Método de Avaliação Contingente

Em geral, estes três métodos se apóiam em dois princípios básicos (Desaigues & Point, 1990b, p. 737):

- 1º) Na observação do comportamento dos indivíduos diante das despesas que estão predispostos a enfrentar por uma melhoria da qualidade do meio ambiente, ou, ao contrário, para se proteger contra a degradação da qualidade do meio ambiente.
- 2º) Na existência de uma “complementaridade” entre as preferências pelo meio ambiente e outro bem ou serviço complementar (Mäler 1974, p. 178-83). Quando a qualidade do meio ambiente é complementar de um bem ou serviço cujo preço é mensurável, então é possível utilizar-se as variações da demanda desse bem, para deduzir um valor pelas variações correspondentes do meio ambiente.

## O método do custo de viagem

De acordo com Randall (1994), este método teve seu início nas sugestões de Hotelling para avaliar economicamente a recreação nos parques nacionais dos Estados Unidos <sup>95</sup> e, gradualmente, o método foi se aperfeiçoando para estimar o valor econômico de lugares destinados à recreação, turismo, caça, pesca, banhos, passeios etc.

O método se sustenta no princípio da demanda do consumidor, quando o número de visitas ou viagens a um lugar determinado (Q) é função do preço ou custo de viagem (P) a esse lugar:

$$Q = f(P)$$

No caso do preço (P), ele deve considerar o frete ou o valor do bilhete de viagem, a tarifa ou pedágio de entrada, assim como o valor do tempo empregado para se chegar a esse lugar.

Por exemplo, utilizando o Gráfico 13a: se as visitas a um lugar determinado têm uma média histórica de  $Q_1$  e um preço (frete, valor da passagem, pedágio, tarifa de entrada, valor do tempo etc.) igual a  $P_1$ , o que aconteceria se se passasse a mudar o uso deste espaço para outros fins, quer dizer, ele deixaria de existir como lugar de recreação? Nesta hipótese, é de se supor que os antigos usuários passarão a procurar outro lugar imediatamente mais distante, porém de maior preço. Muitos desistirão e outros continuarão a frequentar estes lugares, porém enfrentando um preço maior ( $P_0Q_0$ , no caso do Gráfico 13a). A perda do excedente do consumidor seria, neste caso, igual à área  $P_0BCP_1$ ; logo, este seria o valor econômico da atual zona ou parque de recreação.

Uma das desvantagens deste método é de que nem sempre é fácil medir o valor do tempo.

---

<sup>95</sup> Segundo Alan Randall (1994), a referência concreta é: Hotelling H. 1949 "Letter", in An Economic Study of the Monetary Evaluation of Recreation in the National Park. Washington D.C.: National Park Service.

## O método hedonístico

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) e Johanson (1987), entre outros, adaptaram este método para o caso do meio ambiente e hoje já existem muitas aplicações deste último tipo, tal como as enumeram Desaignes & Point (1990a, p. 278-80 e 1990b, p. 738-39).

Por este método, pretende-se medir o valor ou preço de um lugar determinado (parques, reservas naturais, sítios ou praias) com base em correlações entre o preço implícito ( $P_h$ ) de uma classe de lugar, e algumas variáveis independentes, tais como distância (N), superfície (S) e diferentes níveis da qualidade do meio ambiente (Q), quer dizer:

$$P_h = f(N, S, Q)$$

onde:

- $P_h$  = Preço implícito de um lugar determinado (frete, bilhete, pedágio, tarifa de entrada, valor do tempo etc.)
- N = Distância e grau da acessibilidade entre um centro urbano importante (os lugares de origem de seus visitantes) e o lugar a ser avaliado.
- S = Superfície geográfica do lugar ou reserva natural
- Q = Qualidade do meio ambiente (beleza, floresta, flora e fauna, rios e lagos, veredas para passeios e mirantes etc.)

Então, pode-se definir uma função de regressão múltipla do tipo:

$$P_h = a + bN + cS + dQ$$

E, com base em uma amostra dos lugares mais representativos de cada classe, com seus valores correspondentes, passa-se a definir por regressão dos mínimos quadrados os valores correspondentes a a, b, c e d, dos quais os três últimos representariam os “preços” marginais da distância, superfície e meio ambiente, respectivamente.

Assim, seria possível encontrar-se o valor de cada uma das unidades de reserva natural, seja ele uma praia, um rio, um lago, um parque ou uma reserva natural de qualquer tipo.

### **O método da avaliação contingente (MAC)**

Este método busca conhecer o valor dos ativos naturais, neste caso, dos cenários naturais com vocação recreacional, esportiva ou de riqueza científica e histórica, por meio de testes empíricos entre aqueles que se sentem beneficiados / prejudicados pela existência e possíveis mudanças que poderiam ocorrer na qualidade e quantidade destes ativos naturais.<sup>96</sup> Estes testes poderiam ser feitos com base em questionários ou entrevistas pessoais, para populações ou amostras destas, e também por técnicas experimentais, nas quais os indivíduos respondem a vários estímulos, em condições de “laboratório”.

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 alvo da pesquisa estejam motivados e interessados em expressar suas opiniões e modo de agir sobre os benefícios / danos com que se deparam os indivíduos pelas 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.

---

<sup>96</sup> Segundo Desaignes & Lesgards (1992), entre os vários antecedentes sobre o método MAC destacam-se os trabalhos de: 1) R. G. Cummings, D. S. Brookshire e W. D. Schulze (1986) ***Valuing Public Goods: The Contingent Valuation Method***, Totowa (N. J.) Rowman and Allonheld Publishers, e 2) R. C. Mitchell, R. T. Carson (1989), ***Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method***, Resource for the Future, Washington D. C.

Estas perdas / ganhos significam perdas / ganhos no excedente do consumidor, segundo o exposto no Gráfico 13a ( área  $P_0BCP_1$  ), que, a partir de uma adequada avaliação ao longo do tempo, daria o valor para o ativo natural em análise.

Um bom estudo do MAC, segundo Desaignes & Lesgards (1992, p. 102) deve conter os seguintes itens:

- 1º) Definição clara da população a ser interrogada, com o propósito de se saber que valores serão tomados em consideração: aqueles de uso imediato ou de uso potencial ou também do não uso.
- 2º) Definição clara e completa do ativo natural em análise, com ajuda de figuras, fotografias e tabelas de dados, que permitam entender suas vantagens e desvantagens, pela sua existência e possíveis mudanças.
- 3º) Definição do meio de pagamento de uma maneira realista e objetiva. Indica-se, geralmente, um meio que seja familiar para os interrogados (direitos de entrada, contribuições extraordinárias, pedágios, impostos, subsídios etc.)
- 4º) Preparação das perguntas de forma clara e concreta, para evitar respostas evasivas ou duvidosas, ou a não resposta.
- 5º) Adição, no rol de perguntas, de algumas questões que permitam dimensionar o ambiente sócioeconômico, que explique a disposição a pagar e a disposição a receber.
- 6º) Realização de uma análise aprofundada dos resultados, para se obter valores médios viáveis, porque estes valores médios, multiplicado pelo tamanho da população, fornecerão os dados para o dimensionamento das mudanças no excedente do consumidor e, com base neste, o valor do ativo natural em análise.

Contudo, também o MAC tem suas desvantagens, o que é quase consenso entre todos os seus seguidores (Desaignes & Point 1990a, p. 284-5).

- a) A sub / sobreestimação 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 estes bens e, paralelamente, exageram / diminuem seu interesse por estes bens, para assim conseguir uma maior / menor oferta por eles. Uma possibilidade é que estas contradições se compensem, anulando, assim, esta restrição.
- b) O perigo da subestimação do valor, derivado do desconhecimento da real importância de um ativo natural, é que poderá conduzir a que a somatória das propostas individuais não cubra os valores mínimos observados em outros lugares. Ter-se-ia que formular nova pergunta e novas indagações para reduzir estas diferenças.

- c) 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.
- d) Em geral, também são exageradas as manifestações da disposição a receber, tanto por se sobrevalorizar as supostas perdas ou danos, como, também, porque este tipo de pagamento significaria um ganho a mais na sua renda.

No tocante a estes bens (cenários naturais que convidam à prática de atividade recreacional e/ou esportiva, ou então revestidos de riqueza científica e histórica), poderiam eles ser tipificados como bens públicos ou quase públicos. Este entendimento se alicerça no fato de que a tais bens não é fácil ou possível se aplicar os princípios de rivalidade e exclusão, próprios dos bens privados.

#### **Valor de uso indireto (externalidades)**

Este tipo de avaliação, que de certa forma já foi citado anteriormente, quando se tratou dos florestais (Anderson & Bojo), é difícil de se traduzir em valores monetários, tanto pela natureza dos fatos, que significa complexidade e subjetivismo, como pela falta de antecedentes empíricos.

Estes recursos que agora permanecem em estado natural e virgem deveriam, em parte, ser avaliados, seja por sua inacessibilidade ou por prescrição legal, em termos das vantagens que traz à economia por esta condição, diante da possibilidade de que tal condição deixe de existir. Ou seja, caso estes recursos ou o meio que lhes dá sustentação, passem a ter outros usos diferentes dos atuais, quais os benefícios ou danos que a economia teria que enfrentar?

Por exemplo, caso as terras florestais passem a ser terras de cultivo, evidentemente aparecerão as figuras dos deslizamentos e erosão, que significam, por um lado, maiores custos com a remoção destes materiais dos lugares onde eles são depositados e, por outro, poderão eventualmente ocorrer perdas de vidas, de colheitas e terras, de estradas, além de investimentos em reposição da fertilidade terras etc.

No caso da perda destes recursos, seria preciso estimar e contabilizar o que eles significam ou poderiam significar como fontes de matérias-primas ou o seu papel como reguladores do clima e a atmosfera, entre outros.

Em alguns campos, já existem estimativas, embora imprecisas, sobre estes valores. Segundo Norton-Griffiths-Southey (1995, p. 133), já se pode dispor de alguns cálculos sobre o valor potencial das florestas como fonte de produtos farmacêuticos. Entre os autores desses cálculos, são citados Pearce e outros, que fixam este valor entre US\$ 0,01 - US\$ 21 por hectare. Igualmente, Panayotou, que estima o valor da floresta, como meio de reter e transformar o anidrido carbônico, entre US\$ 1.500 - US\$ 3.500 ha / ano. Similarmente, neste último caso, tanto Brown como Pearce e outros fixaram este valor entre US\$ 320 - US\$ 1.600 ha / ano.

### **Valor de opção**

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, foi Weisbrod (1964, p. 471-7) quem desenvolveu o conceito de valor de opção, como sendo igual ao valor que qualquer bem tem quando se considera as possibilidades de seu uso futuro, pelos consumidores atuais e pelas gerações futuras.

Em geral, quando um bem qualquer tem um alto volume de produção e vendas, 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 deste 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 (parques naturais, transportes públicos, hospitais etc.).

Weisbrod toma o exemplo de um parque natural dos Estados Unidos (Sequoia) para mostrar como uma análise tradicional de benefícios e custos descontados poderia colocar dúvidas sobre a sobrevivência deste parque natural, porque os benefícios são menores que os custos; não obstante, se se considerasse os benefícios resultantes

da disposição a pagar dos atuais e futuros usuários pela conservação deste parque a situação se inverteria.

Nesta disposição a pagar estariam consideradas as preferências dos consumidores, mesmo que eles nunca chegassem a utilizar o parque, quer dizer, essa disposição tomaria a forma dos “prêmios” de seguros. Igualmente, nesta disposição a pagar, se superariam as conhecidas dificuldades da revelação de preferências, quando o bem já existe.

Weisbrod conclui seu artigo levantando possibilidades de concessão de subsídios, caso o parque seja de propriedade privada ou haja necessidade da exploração pública deles.

Atualmente, já existem vários trabalhos sobre este conceito. Não obstante: “...os desenvolvimentos teóricos, assim como as verificações empíricas que têm tratado de precisar este conceito não são sempre muito claras, logo uma certa confusão existe ainda quanto ao seu conteúdo...” (Desaigues & Point 1990a, p. 286-7).

### **Valor de existência**

Este conceito surge como um esforço para traduzir em valores econômicos valores subjetivos, como beleza, estética, moral etc., os quais emergem quando se cogita sobre o valor de um espaço natural qualquer, que se caracteriza por sua beleza natural e sua flora e fauna correspondentes, ante a alternativa de dar-lhe um uso qualquer ou conservá-lo como está.

Krutilla & Fisher (1976, p. 22) formalizaram este conceito num 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 “vicarious”, 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:

- 1º) A disposição a pagar por estes bens é totalmente independente de qualquer expectativa do uso presente ou futuro destes ativos (Desaigues & Point 1990a, p. 290).
- 2º) 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, tais como: <sup>97</sup>

- a) O motivo herança. As pessoas teriam interesse em deixar para as futuras gerações um bem tangível, como os recursos naturais, que contribua para o seu bem-estar.
- b) O motivo doação. Geralmente existe um prazer em dar um presente a amigos e parentes. Por que não considerar, entre as dádivas a ofertar, os recursos naturais?
- c) Simpatia por pessoas e animais. A satisfação de colaborar com as pessoas, para que elas gozem de um meio ambiente agradável e sadio, assim como de melhorar as condições da existência e da vida natural de todas as espécies de animais.
- d) O equilíbrio do meio ambiente. Tomar consciência de que o meio ambiente é um só e que todas as suas partes cumprem uma função determinada para o equilíbrio ecológico significa tomar posição por sua adequada preservação.
- e) Responsabilidade sobre o meio ambiente. Assumir o fato de que todos os que utilizam e provocam danos no meio ambiente devem contribuir para reduzir estes impactos.

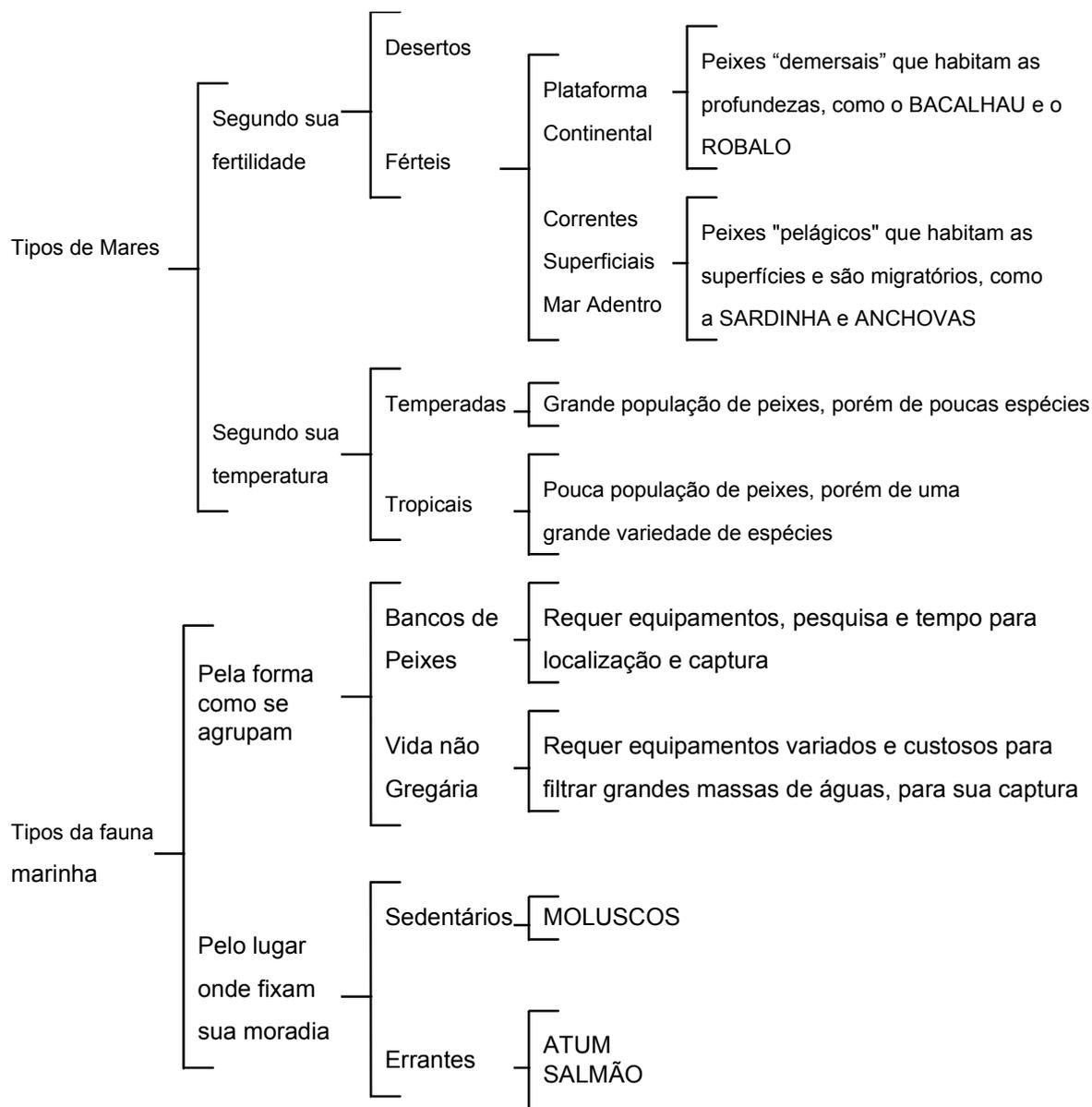
Os estudos que tratam de avaliar o Valor de Existência da natureza são muito poucos (Desaigues & Point 1990a, p. 292) e muitas vezes se confundem com o Valor de Opção, embora o Método Contingente pudesse ser aplicado ao primeiro (Desaigues & Point 1990b, p. 744).

## **5.5. Recursos pesqueiros**

---

<sup>97</sup> Estes fundamentos aparecem no trabalho de Johanson (1987, p. 185-6), embora ele mesmo cite que são tomados de K. J. Boyle e R. C. Bishop (1985, p. 13). "The Total Value of Wildlife Resources: Conceptual

A fauna hidrobiológica, em geral, habita os mares, rios e lagos existentes, que, em conjunto, significam mais de 70% da superfície da Terra. Entretanto, toda esta superfície não tem, necessariamente, a mesma fertilidade e produtividade em flora e fauna. A seguir, apresenta-se um esquema-síntese, baseado em um relatório da FAO (FAO, 1992, p. 3), que permite visualizar este fato.



Uma parte importante da dieta humana é constituída pelos recursos hidrobiológicos. Neste sentido, o volume da extração de peixes ao longo do tempo é crescente. Entre os anos 1948 e 1990 registra-se um aumento contínuo no volume da pesca marinha mundial, passando de 18 para 83 milhões de toneladas/ano (FAO, 1992, p. 4).

O total da captura de peixes no mundo inteiro, tanto em águas continentais como nos mares em geral, chega, hoje, a quase 100 milhões de toneladas/ano (Tabela 7), das quais 85% se originam da pesca marítima, especialmente nos Oceanos Pacífico e Atlântico.

*Tabela 7: Volume de pesca mundial, 1990*

Pesca continental		Pesca marítima	
Continente	Volume milhões t/ano	Mares	Volume milhões t/ano
África	1,9	Atlântico	21,8
América do Norte	0,5	Mediterrâneo	1,5
América do Sul	0,3	Índico	6,2
Ásia	10,2	Pacífico	52,9
Europa	1,4	Antártida	0,4
TOTAL	14,3	TOTAL	82,8

Fonte: Elaborado com base no documento FAO (Op. cit. p. 9, Fig. 22), que por sua vez cita o documento FAO Year Book Statistics, Catches and Landing, 1990, vol. 70.

Sobre a dinâmica da vida dos peixes, os efeitos da ação do homem na extração deste bem e o equilíbrio biológico-econômico correspondente existem vários estudos e explicações, dos quais passa-se a fazer um resumo rápido, para, em seguida, inferir o valor deste recurso.

### **A explicação dos biólogos <sup>98</sup>**

Entre os biólogos mais citados, que tratam da dinâmica e extração dos peixes, aparecem os nomes de P. F. Verbulst (1838) e M. B. Schaefer (1954), ambos citados em C. W. Clark (1976) e outros.

Afirma-se que o estoque ou biomassa da fauna aquática obedece a uma equação logística deste tipo:

---

<sup>98</sup> Esta seção desenvolveu-se com base em C. W. Clark (1976) e M. L. A. Paez (1993), mudando-se ligeiramente a nomenclatura para torná-la compatível com a utilizada no Capítulo 3.

$$X_t = \frac{X_M}{1 + be^{-at}}$$

onde:

$X_t$  = biomassa dos peixes

$X_M$  = biomassa máxima possível (potencial máximo ou capacidade de carga da natureza)

a e b = parâmetros

t = tempo

Ao longo do tempo, a população dos peixes deve incrementar-se sucessivamente, até atingir um máximo de  $X_M$  e estabilizar-se nesse nível. Estes acréscimos periódicos podem ser calculados derivando-se esta função em relação ao tempo, e assim aparece a seguinte função quadrática <sup>99</sup>:

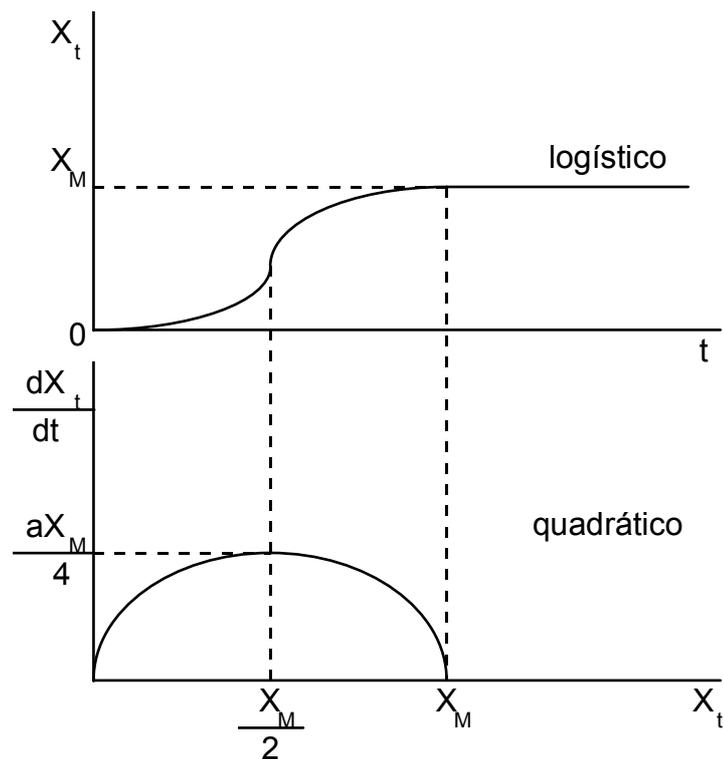
$$\frac{dX_t}{dt} = aX_t - \frac{a}{X_M} X_t^2$$

Ambas as equações, a logística de  $X_t$  e a quadrática de  $dX_t / dt$ , aparecem no Gráfico 25.

---

<sup>99</sup> Se  $X_t = \frac{X_M}{1 + be^{-at}}$  então  $\frac{dX_t}{dt} = \frac{-X_M(-abe^{-at})}{(1 + be^{-at})(1 + be^{-at})}$

Gráfico 25: Crescimento natural da biomassa ao longo do tempo



Estes acréscimos periódicos atingiriam um máximo quando o tamanho da biomassa chegasse à metade da capacidade de carga, <sup>100</sup>  $X_t = X_M / 2$ , ou quando: <sup>101</sup>  $dX_t / dt = aX_M / 4$ , como aparecem identificados no último gráfico.

$$\frac{dX_t}{dt} = \frac{X_M a \left( \frac{X_M}{X_t} - 1 \right)}{\left( \frac{X_M}{X_t} \right) \left( \frac{X_M}{X_t} \right)} = aX_t - \frac{aX_t^2}{X_M}$$

$$^{100} \text{ Se } \frac{dX_t}{dt} = aX_t - \frac{a}{X_M} X_t^2 \text{ então } \frac{d \left( \frac{dX_t}{dt} \right)}{dX_t} = a - 2X_t \frac{a}{X_M} = 0 \text{ e } X_t = \frac{X_M}{2} .$$

$$^{101} \text{ Se } \frac{dX_t}{dt} = aX_t - \frac{a}{X_M} X_t^2 \text{ e } X_t = \frac{X_M}{2} \text{ então } \frac{dX_t}{dt} = \frac{aX_M}{2} - \frac{a}{X_M} \left( \frac{X_M}{2} \right)^2 = \frac{aX_M}{4}$$

Quando surge a mão do homem, para a caça, extração e/ou captura ( $H_t$ ), tem-se que:

$$H_t = KE_t X_t$$

onde:

$H_t$  = Volume da captura periódica

$E_t$  = Unidades físicas do serviço de pesca, no período t

K = Coeficiente técnico da produção

Assim, a nova função dinâmica de acréscimos na biomassa seria:

$$\frac{dX_t}{dt} = aX_t - \frac{a}{X_M} X_t^2 - KE_t X_t$$

Um equilíbrio sustentável ao longo do tempo estaria subordinado, necessariamente, à seguinte relação:

$$aX_t - \frac{a}{X_M} X_t^2 = KE_t X_t$$

De  $H_t = KE_t X_t$  se deduz o valor de  $X_t = \frac{H_t}{KE_t}$ , e este é substituído na

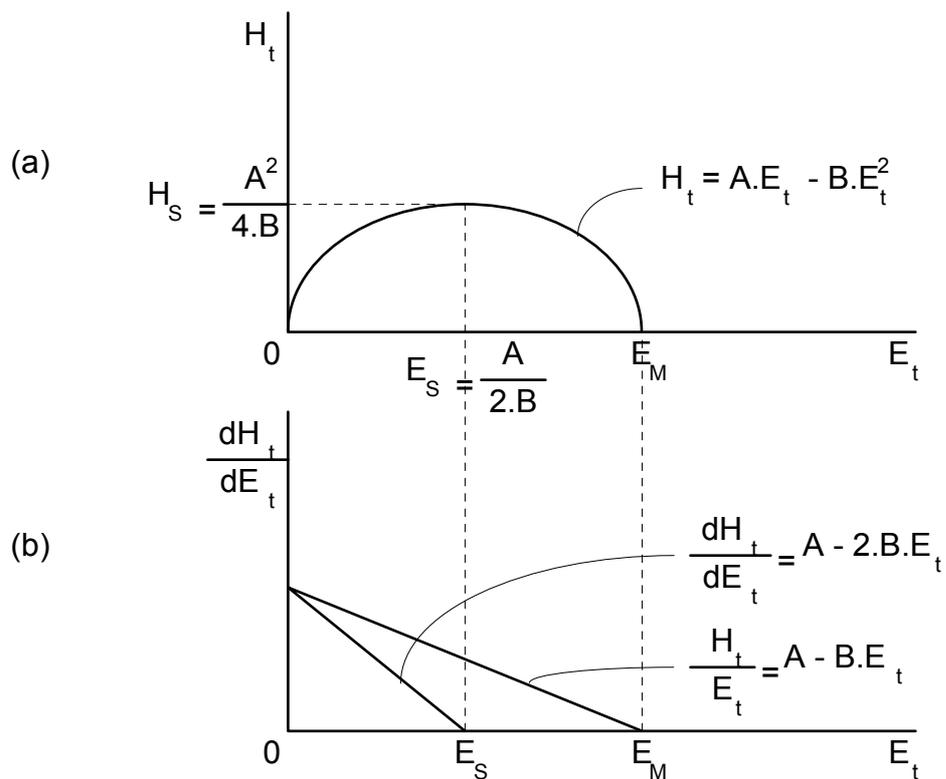
equação anterior:

$$a \frac{H_t}{KE_t} - \frac{a}{X_M} \left( \frac{H_t}{KE_t} \right)^2 = KE_t \frac{H_t}{KE_t} \Rightarrow H_t = KX_M E_t - \frac{X_M K^2 E_t^2}{a}$$

Fazendo  $A = KX_M$  e  $B = \frac{X_M K^2}{a}$ , tem-se  $H_t = AE_t - BE_t^2$ , uma função

quadrática, que envolve a dinâmica natural dos peixes e uma extração sustentável destes últimos. No Gráfico 26 apresenta-se esta função modificada, com a função de seus valores médios ( $H_t / E_t$ ) e marginais ( $dH_t / dE_t$ ) correspondentes.

Gráfico 26: *Extração sustentável: total, média e marginal*



O valor máximo do esforço sustentável ( $E_s$ ) dar-se-ia no ponto <sup>102</sup>  
 $E_s = A / 2B$  e a correspondente extração máxima sustentável ( $H_s$ ) no ponto <sup>103</sup>  
 $H_s = A^2 / 4B$ , como aparece no Gráfico 26 (a).

Ao ponto  $H_s$ , anterior corresponde o mesmo ponto do valor máximo possível, dos acréscimos periódicos,  $aX_M / 4$ , do Gráfico 25, assim como o ponto  $E_s$  é equivalente ao ponto  $X_M / 2$  correspondente. <sup>104</sup>

Assim, superpondo as equações e Gráficos 25 e 26 deduz-se que ultrapassando o nível do esforço  $E_s$  conseguir-se-á decréscimos marginais na captura total e, mais ainda, esforços maiores aplicados a  $E_M$  significarão redução absoluta da população dos peixes.

---

<sup>102</sup> Se  $H_t = AE_t - BE_t^2$  então  $\frac{dH_t}{dE_t} = A - 2BE_t = 0$

Logo  $E_t = \frac{A}{2B} = E_s$

<sup>103</sup> Se  $H_t = AE_t - BE_t^2$  e  $E_t = \frac{A}{2B} = E_s$

Então  $H_t = A\left(\frac{A}{2B}\right) - B\left(\frac{A}{2B}\right)^2$   $H_t = \frac{A^2}{4B} = H_s$

<sup>104</sup> Se  $H_s = \frac{A^2}{4B}$ ,  $A = KX_M$  e  $B = \frac{X_M K^2}{a}$

Logo  $H_s = \frac{(KX_M)^2}{4\left(\frac{X_M K^2}{a}\right)} = \frac{K^2 X_M^2}{4\frac{X_M K^2}{a}} = \frac{aX_M}{4}$

## A explicação dos economistas

Os economistas, desde a época de Marshall (1890), também mostram interesse em entender o comportamento dos recursos do mar.

*“Quanto ao mar, diferem as opiniões. Seu volume é enorme, e o peixe é muito prolífico; muitos pensam que o homem pode pescar quantidades quase ilimitadas sem afetar apreciavelmente o número de peixes que restam no oceano; ou, em outras palavras, que a lei do rendimento decrescente não se aplica bem à pesca marítima: enquanto outros acham que a experiência mostra cair a produtividade das zonas de pesca intensamente trabalhadas, mormente por barcos a vapor. A questão é importante, pois a futura população do mundo será afetada de maneira apreciável tanto pela quantidade quanto pela qualidade do peixe de que dispore...”* Marshall (1890, vol. I, p. 154).

Formalmente, foi H. S. Gordon (1954) quem iniciou o tratamento sistemático deste recurso, particularmente para os recursos demersais. Ele baseia sua análise nas seguintes afirmações:

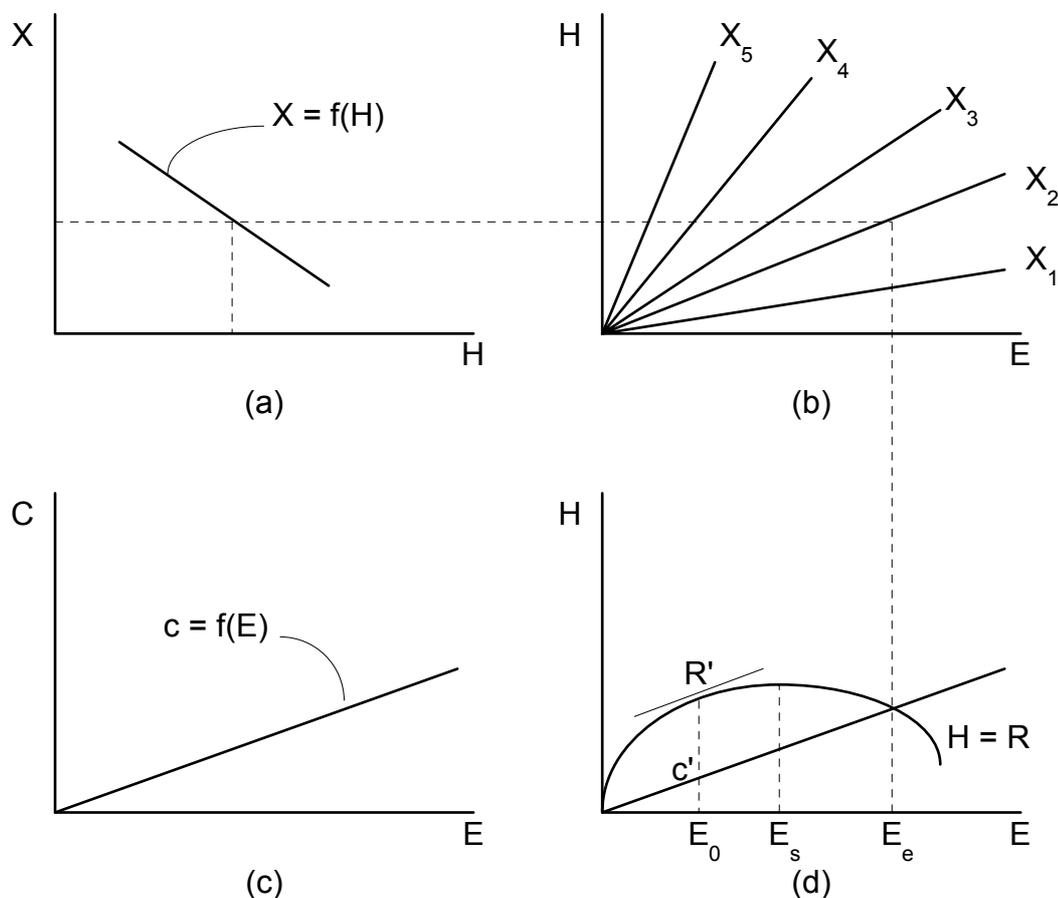
- a) O tamanho da biomassa marinha (X) é uma função do volume da extração dos peixes (H).
- b) O volume da extração (H) é uma função tanto da biomassa (X) quanto do esforço desenvolvido para a extração dos peixes (E).
- c) O custo originado pela extração dos peixes (C) é função do nível do esforço (E).
- d) Num sistema não controlado da extração e de propriedade comum destes recursos a tendência seria de igualar o valor de venda da extração (H) e o custo total correspondente (C), desde que o preço médio e o custo unitário sejam iguais a um.

Quer dizer, ter-se-ia estas quatro equações:

- a)  $X = f(H)$
- b)  $H = f(X, E)$
- c)  $C = f(E)$
- d)  $C = H$

O comportamento e relações destas funções figuram, sucessivamente, no conjunto que representa o Gráfico 27.

Gráfico 27: O equilíbrio bioeconômico de Gordon



No Gráfico 27 (d), Gordon combina suas quatro equações, antes assinaladas, além da função dos acréscimos periódicos da extração dos biólogos (H), que neste caso também seria igual à receita total pela venda dos peixes (R).

Se a quarta equação estabelece que os pescadores, sob um regime de livre entrada, dirigem seus esforços até um ponto em que consigam igualar pelo menos seu custo de produção, por exemplo  $E_e$  no Gráfico 27 (d), então este ponto estaria à direita daquele ponto sustentável  $E_s$  definido no Gráfico 26, ou, mais ainda, à direita de  $E_M$  do mesmo gráfico, significando em ambos os casos extração marginal decrescente e esgotamento sucessivo dos recursos.

Gordon assinala que o ótimo econômico deveria se fixar no ponto em que se igualem a receita marginal e o custo marginal correspondente ( $C' = R'$ , quando as

tangências de ambas as linhas são iguais), isto é, no ponto  $E_0$  à esquerda do ponto de extração sustentável  $E_s$ .

Daí se deduz que quanto maior for o custo de extração menor será o volume da captura, e menor sua diferença com o nível de extração sustentável, e vice-versa; em outras palavras, um imposto significaria menor nível de extração e maior nível da biomassa e vice-versa; um subsídio, maior nível da extração e menor biomassa.

Por todas estas razões, Gordon postula uma política de controle da pesca, que permita atingir o máximo dos benefícios econômicos derivados desta atividade e ao mesmo tempo preservar os recursos para o futuro; quer dizer, estabelecer o ponto da extração em  $E_0$ , no último gráfico. A propriedade comum só restaria para as espécies pelágicas, que migram continuamente.

Scott (1955) concorda com o trabalho de Gordon, porém só para o curto prazo, porque em maiores horizontes dever-se-ia considerar a situação dos mercados futuros e a oferta de peixes (biomassa) nesses períodos. Assim, nasce o seu conceito de “custo de uso”, que ele assim define:

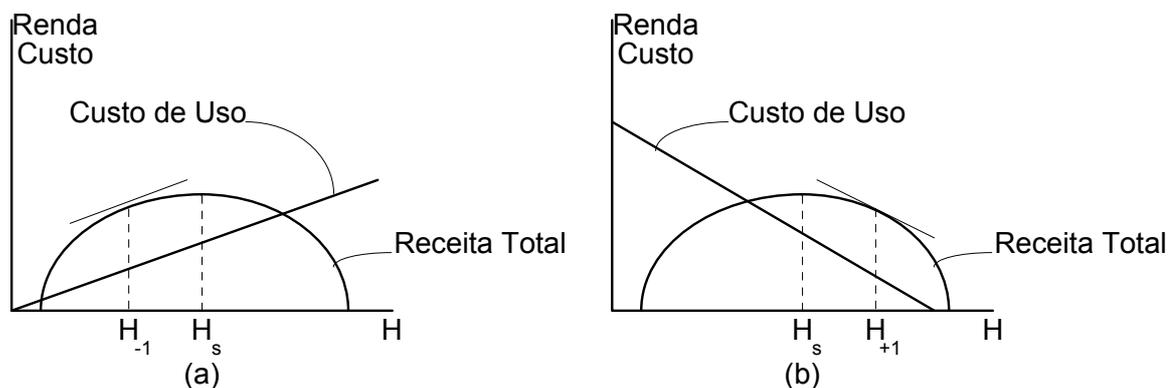
*“a curva de custo de uso mostra o efeito de unidades sucessivas na produção corrente, no ‘valor presente’ da empresa” (Scott, 1955 p. 123).*

Neste ponto, Scott considera três possibilidades:

- 1º) Ao aumentar a extração de peixes hoje, diminui a biomassa existente, e diminui também a renda líquida, que se poderia obter por sua venda nos períodos futuros. Neste caso, a curva de custo de uso teria uma inclinação positiva (a maior uso maior custo). O equilíbrio na produção dar-se-ia no ponto em que se igualem o custo de uso marginal e a renda marginal, ( $H_{-1}$ ), ou seja, o mesmo ponto que ficaria à esquerda do ótimo de Gordon, como aparece no Gráfico 28 (a). Este seria o caso das espécies pelágicas, o salmão e também as focas.
- 2º) Ao aumentar a extração de peixes hoje, surgem espaços e alimentos para uma melhor reprodução deles no futuro, aumentando, assim, a renda futura. Neste caso, a curva de custo de uso teria uma inclinação negativa e o equilíbrio na produção dar-se-ia à direita do ótimo de Gordon, ( no ponto  $H_{+1}$  ), como aparece no Gráfico 28 (b).

3º) Ao aumentar a extração de peixes hoje, não se visualizam mudanças substanciais na oferta e renda futura. Neste caso, não existiria custo de uso. Este parece ser o caso, diz ele, das espécies demersais.

Gráfico 28: O custo de uso e o equilíbrio na produção (Scott)



Embora não se tenha verificações empíricas específicas para provar as três colocações de Scott, revisando-se algumas estatísticas pesqueiras é possível afirmar que a primeira delas é a mais aceitável, tanto porque já existem evidências históricas das perdas dos estoques e das receitas correspondentes, pelos excessos na extração, como porque, ao que tudo indica, para o conjunto do recurso já estaria se aproximando o limite crítico, como se verá mais adiante.

Entre as evidências históricas de liquidação dos estoques, tem-se o caso da anchova peruana, que desde uma extração inicial média de 2 milhões de toneladas/ano, nos anos 1959-1960, passou-se a extrair 10-12 milhões nos anos 1968-1970, liquidando-se praticamente a espécie, já que nos anos seguintes a extração desta espécie reduziu-se quase totalmente. Neste caso, deve-se reconhecer, também, os efeitos extraordinariamente prejudiciais da corrente “El Niño” desses anos (caracterizado pelo aquecimento excessivo das águas) e que se somaram a esta destruição.

Igualmente, a FAO (op. cit., p. 8) registra a queda contínua da extração de espécies altamente valorizadas, como o bacalhau (atlantic cod), merluza (cape hake), haddock e silver hake. Esta queda iniciou-se em 1970.

Por outro lado, Robinson (citado por John Butlin, em Pearce & Rose, 1975, p. 90) afirma que em 1966 a captura mundial de peixes chegou a 42% do potencialmente explorável, em 1970 a 54%, projetando-se 100% para o ano 2000. Passado este limite, entraríamos num franco processo de liquidação dos estoques.

O mesmo documento da FAO (op. cit., p. 52) informa que os custos totais da frota pesqueira mundial chegou a 124 bilhões de dólares em 1989 e a receita total a 70 bilhões, o que mostraria que o nível de operações da pesca deve estar a direita do ponto  $E_e$  no Gráfico 27 (d) ou, no melhor dos casos, perto dele, denunciando, assim, a irracionalidade biológica e econômica.

### **Externalidades e incertezas**

A pesca também registra externalidades, especialmente negativas e também incertezas, que surgem pela propriedade comum destes recursos, e que afetam a estrutura de custos e receitas dos pescadores. Entre estas externalidades e incertezas, tem-se:

#### Externalidades:

- (-) O custo de captura aumenta, conforme a biomassa cai.
- (-) Os tipos de redes e aparelhagem da pesca afetam a sobrevivência e a biomassa.
- (-) A concentração de barcos numa área determinada diminui a extração e aumenta os custos correspondentes.
- (-) A captura de peixes quebra a corrente biótica da flora e fauna marinha, afetando seu equilíbrio natural.
- (+) O descobrimento de um banco de peixes passa a beneficiar a todos os outros pescadores.

#### Incertezas:

- . O volume da extração e o tipo da espécie estão sujeitos às probabilidades decorrentes do lugar e estações do ano.
- . O tamanho e o tipo da biomassa estão sujeitos às mudanças climáticas, temperatura e à maior ou menor concentração de nutrientes. Vê-se, pois, que no campo das Incertezas é grande o número de fatores imponderáveis a considerar.

## Oferta e demanda de peixes <sup>105</sup>

A oferta de peixes é, principalmente, uma função dos preços vigentes no mercado.

$$H^o = f(P)$$

Para elaborar a equação e a curva correspondente do Gráfico 29 assume-se, como hipótese, um ambiente de extração sustentável, e dada a seguinte igualdade:

$$\frac{dX}{dt} = aX - \frac{a}{F(X)} X^2 - \frac{K}{H} X$$

A oferta de equilíbrio sustentável se alcançaria quando:

$$F(X) = H \quad \text{ou} \quad F(X) - H = 0$$

Igualmente, se a renda total (R) for igual ao valor da venda da extração (XE) menos o custo de extração (CE):

$$R = \underset{\text{vendas}}{PXE} - \underset{\text{custo}}{CE}$$

Num regime de livre entrada o limite da produção significaria, pelo menos, cobrir custos:

---

<sup>105</sup> Para esta parte utilizou-se o trabalho de C.W. Clark (1976).

$$PXE = CE \quad \text{ou} \quad PXE - CE = 0 \quad \text{ou} \quad X = \frac{C}{P}$$

Substituindo-se o valor de X na equação de partida:

$$\frac{dX}{dt} = a \frac{C}{P} - \frac{a}{X_M} \left( \frac{C}{P} \right)^2 - KE \frac{C}{P}$$

Para achar a interseção no eixo das ordenadas faz-se  $H = 0$ .

$$a \frac{C}{P} - \frac{a}{X_M} \left( \frac{C}{P} \right)^2 = 0$$

$$a \frac{C}{P} = \frac{a}{X_M} \frac{C}{P} \frac{C}{P} \quad \text{e} \quad P = \frac{C}{X_M}$$

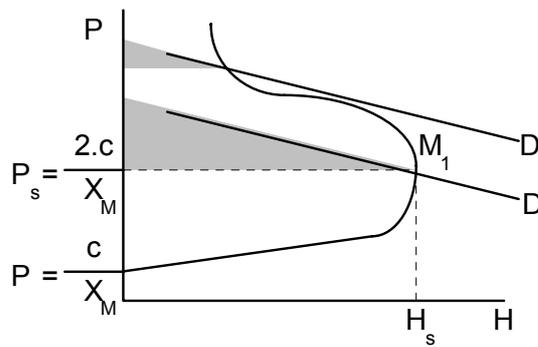
Igualmente, o máximo valor pela venda dos peixes se alcançará quando  $dX/dt$  obtenha seu máximo valor em função de P, quer dizer:

$$\frac{d(dX / dt)}{dP} = \frac{-aC}{P^2} - \frac{2aC^2}{X_M P^3} = 0$$

$$\frac{aC}{P^2} = \frac{2aC^2}{X_M P^3} \quad \text{ou} \quad P = \frac{2C}{X_M}$$

Neste ponto, a oferta sustentável atingiria seu máximo valor em quantidade, e pressões maiores significariam girar a curva da oferta à esquerda, como aparece no Gráfico 29.

*Gráfico 29: Oferta e demanda de peixes: livre entrada e produção sustentável*



A demanda de peixes também seria uma função dos seus preços de mercado, principalmente.

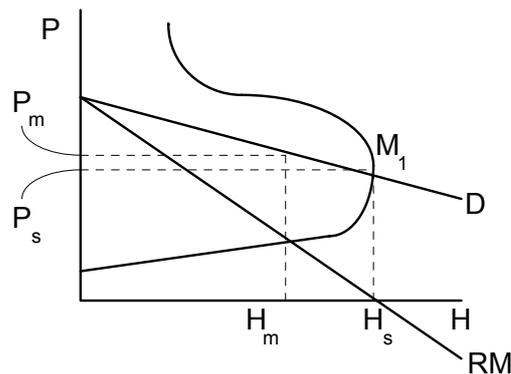
$$H^d = f(P)$$

Esta demanda pode ser inelástica, elástica ou infinitamente elástica. No caso de uma demanda elástica finita (D), tal como aparece no Gráfico 29, tornar-se possível deduzir que:

- 1º) No caso dos produtores, qualquer nível inferior a  $M_1$  seria um convite para aumentar a produção até esgotar a renda existente.
- 2º) No caso dos consumidores, eles teriam um excedente igual à área hachurada.
- 3º) Caso a demanda fosse infinitamente elástica o excedente do consumidor seria mínimo e vice-versa.
- 4º) Caso a demanda se elevasse a  $D'$ , por razões distintas a  $H$  e  $P$ , o preço tenderia a crescer muito, a quantidade produzida diminuiria, e o excedente do consumidor também.

No caso de uma produção controlada ou um monopólio, a eficiência e o equilíbrio exigiriam igualar a receita marginal e o custo marginal, ou seja, apareceria uma curva RM da receita marginal, a mesma que, ao interceptar a curva de custo marginal correspondente, definiria um ótimo na produção. No Gráfico 30 aparecem  $H_m$  e  $P_m$  como a quantidade e o preço em monopólio.

Gráfico 30: Oferta e demanda de peixes: entrada controlada ou monopólio



Neste caso, então, a produção seria menor que o máximo sustentável ( $H_m < H_s$ ) e, igualmente, o preço ligeiramente maior ( $P_m > P_s$ ); neste sentido, a entrada controlada ou o monopólio, que buscam maximizar a renda do produtor ou do dono do recurso, aparecem também como melhor guardião destes estoques, embora o excedente do consumidor fosse, neste caso, menor que na livre entrada.

### Biomassa, extração e valor dos recursos pesqueiros

Como corolário de tudo que foi repassado, pode-se deduzir que o tamanho da biomassa marinha mundial esteve, no intervalo dos anos 1966 e 1970, entre 500-400 milhões de t; <sup>106</sup> uma vez que os cálculos e projeções assinalam que no ano 2000 estar-se-á pescando o máximo permissível, é de se supor que os níveis atuais da extração estariam margeando estes limites (80-100 milhões t/ano).

---

<sup>106</sup> Segundo as citações de M. Robinson, a relação pesca real/pesca ótima, foram de 42% e 54% nos anos 1966 e 1970 e como o nível de extração destes anos foi de 54 e 60 milhões de toneladas (FAO, op. cit. p. 4), deduz-se que o nível ideal de pesca nestes anos era de 128 e 111 milhões de toneladas, sucessivamente. Como a captura sustentável tem estas relações:  $H_s = A^2 / 4B$  (Gráfico 26)  $H_s = aX_M / 4$  (Gráfico 25), logo a biomassa total  $X_M$  deve flutuar entre 500-400 milhões de toneladas.

Evidentemente, este volume ótimo e sustentável da extração, que é uma média aproximada e cuja exata dimensão deve estar sujeita a pesquisas mais aprofundadas, não constitui motivo bastante para se negar que, em algumas espécies e localidades, estes limites já foram ultrapassados, como nos casos citados das anchovas peruanas e das quatro espécies mencionadas anteriormente.

Aceitando-se, com todas as suas limitações, essas colocações, pode-se afirmar, então, que o valor deste recurso marinho é igual ao volume da extração atual vezes seu preço de mercado hoje, e, insistindo-se no pressuposto de pesca controlada e seletiva, este ganho líquido seria projetado no tempo, com vistas à perpetuidade, e devidamente descontado, nos daria o valor atual líquido desta riqueza:

Extração Pesqueira Marinha, 1989 (FAO, op. cit. p. 17):

Volume:	80.910 mil toneladas
Valor Médio:	US\$ 861,5 toneladas
Valor Total:	US\$ 69.704 bilhões

Valor atual de um fluxo perpétuo deste valor total:

$$\text{VAL} = \frac{69.704}{0,12} = \text{US\$ } 580.866 \text{ bilhões de 1989 }^{107}$$

Sob este enfoque, a riqueza da fauna marinha de toda a humanidade teria um valor médio superior a 500 bilhões de dólares. A mecânica seguida teria que ser refeita com dados mais apurados e atualizados, para as  $m$  espécies e  $n$  localidades da Terra, a fim de se determinar, desta forma, o tamanho da biomassa existente ( $X_M$ ) e o

---

<sup>107</sup> Este valor se obtém aplicando a fórmula da perpetuidade, deduzido no item 4.2, e utilizando uma taxa de juros de 12% ao ano.

volume a ser extraído sustentavelmente ( $X_s$ ). Este último volume, multiplicado pelos preços vigentes para cada uma das  $m$  espécies e  $n$  localidades, daria o valor total e o valor atual da riqueza marinha ou da fauna hidrobiológica em geral. Este último valor, por sua vez, serviria para definir uma política de investimentos, controle, cotas, taxas e impostos neste ramo.

### Breve Referência sobre a Pesca no Brasil

Aparentemente, a riqueza do mar brasileiro não se destaca entre as fontes da vida econômica do país, e o volume de sua participação na dieta do consumidor é bastante baixo (quatro quilos por ano, enquanto que no resto do mundo é de dezoito). Esta limitação seria consequência da “pobreza” de seu mar adjacente, como diz Paez (1993):

*“O Brasil possui limitada potencialidade de expandir a produção pesqueira através da pesca extrativa. A despeito da extensão do litoral brasileiro, suas águas territoriais são pobres em nutrientes, levando a estimar que a produção de recursos pesqueiros marinhos e estuarinos poderá, no máximo, dobrar seus níveis atuais, alcançando volumes de captura entre 1.400 e 1.700 toneladas (Neiva, 1990)...” (Paez, 1993, p. 57).*

Entretanto, vê-se na Tabela 8 como todos os países vizinhos ao Brasil e também países de outros continentes aumentam grandemente seu volume de extração, em níveis bastante superiores ao que corresponderia ao Brasil devido à extensão de sua faixa costeira no Atlântico Sudoeste. O volume de captura do Brasil, no período 1970-1975, sobrepassava os 2/3 do total correspondente ao Atlântico Sudoeste; no período 1987-1989, entretanto, esta relação se reduziu para menos de 1/3 (coluna 7, da Tabela 8).

*Tabela 8: Volume da extração pesqueira no Atlântico Sudoeste*

Anos	Brasil		Argentina (3)	Uruguai (4)	Outros países (5)	Total (6) = 1 + 3 + 4 + 5	Brasil / Total % (7) = 1 / 6
	Total (1)	Sardinha (2)					
1970	480	135	209	13	33	735	65
1971	525	161	222	14	19	780	67
1972	543	171	231	21	14	809	67

1973	676	228	294	18	14	1.002	67
1974	547	201	286	16	20	869	63
1975	579	184	217	26	18	840	69
1976	515	94	272	34	19	840	61
1977	563	146	393	48	46	1.050	54
1978	584	145	527	74	56	1.241	47
1979	656	149	567	108	107	1.438	46
1980	619	146	392	120	142	1.273	49
1981	611	116	365	147	124	1.247	49
1982	619	99	473	119	315	1.526	41
1983	671	139	413	143	465	1.692	40
1984	743	136	313	133	367	1.556	48
1985	756	124	410	138	371	1.675	45
1986	717	126	418	140	543	1.818	39
1987	702	91	554	137	929	2.322	30
1988	624	65	485	107	1.017	2.233	28
1989	640	78	478	121	930	2.169	30
1990		32					

Fonte: Elaborado com base nos documentos da FAO (op. cit., p. 57) e Paez (1993, p. 58). Este último serviu especificamente para a sardinha no Brasil.

Os dados da Tabela 8 mostram que o mar adjacente ao Brasil é rico em recursos pesqueiros, uma vez que todos os países vizinhos e até países transcontinentais estão se beneficiando crescentemente dele; no entanto, deve-se também perceber que já existem sinais de esgotamento da biomassa, como é o caso da sardinha. Estes fatos aconselhariam, por conseguinte, a realização de acordos e convênios com os outros países, para racionalizar a extração destes recursos, e também um maior apoio para pesquisas orientadas no sentido de se conhecer e manejar adequadamente as riquezas do mar brasileiro. <sup>108</sup>

## 5.6. Recursos minerais

Os recursos minerais são, em geral, todos os recursos físicos extraídos da superfície ou sub-superfície da Terra, e cuja composição vai desde os elementos mais simples (pedras e materiais de construção) até os mais complexos (ferro, ouro, prata). As formas e variedades de como se apresentam estes recursos são todas conhecidas e são devidamente classificadas; no entanto, é desconhecida sua exata dimensão ou magnitude.

O número total dos elementos químicos naturais existentes na Terra chega a 91, dos quais 72 são metais, 10 não-metais e 7 semimetais (Feltre, 1993, p. 48-50). Os maiores e mais conhecidos estoques inventariados pelos geólogos chegam a 65 e deles os mais usados são 56 (Brown, 1994, BI, p. 5-8).

---

<sup>108</sup> Nos anseios de uma política controlada e racional da exploração dos recursos marinhos, existem os acordos firmados na Convenção do Mar, realizada em Montego Bay, Jamaica, em 1982, e convocada pelas Nações Unidas. Nesta reunião, se reconheceram, entre outras, a faculdade dos países costeiros para exercer seus direitos de pesca exclusiva em suas 200 milhas de áreas adjacentes ao mar, desde que façam estudos e levantamentos do potencial existente e dos excedentes que houver, que poderiam ser cedidos a outros países, com base em convênios ou acordos. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar entrou em vigência no dia 14 de novembro de 1994, e parece que o Brasil, pelo menos até o presente, não conseguiu completar os estudos correspondentes que permitam identificar os “excedentes”, que poderiam ser cedidos a outros países. Esta última informação tem sustentação nos seguintes artigos jornalísticos: Sônia Silva, “Avaliação dos recursos do mar está atrasada”, em *O Estado de São Paulo*, de 05.02.1994, p. A-14, e Olivia Silva Telles, “Falta de pesquisa ameaça as 200 milhas marítimas”, em *A Folha de S. Paulo*, de 27.02.1994, p. 4-2.

Os **metais**, em geral, são sólidos brilhantes, bons condutores de calor e eletricidade, e com propriedades de alto ponto de fusão, resistentes à tração, maleabilidade (para fazer chapas e lâminas), ductibilidade (para fazer fios) e apropriados para fazer ligas (ligando-se entre eles ou com outros não metálicos). Entre estes metais destacam-se, por sua importância econômica, o ferro, estanho, alumínio, cobre, chumbo, zinco etc.

Os **não-metais** não têm as características dos metais, o que não diminui sua importância na produção; entre eles, tem-se o carbono, nitrogênio, oxigênio, flúor, fósforo, enxofre, cloro, selênio, bromo e iodo. Os **semimetais** têm algumas características dos metais; entre eles, tem-se o boro, silício, germânio, arsênio, antimônio, telúrio e o polônio.

Dada a grande preponderância dos metais, o que se segue estará referido fundamentalmente a estes elementos.

### **Disponibilidade dos recursos físicos na terra** <sup>109</sup>

De acordo com os geólogos, existe uma grande disponibilidade de recursos metálicos na crosta terrestre, na parte que é acessível hoje e na que seria no futuro (até 10 km de profundidade). De acordo com análises da composição das rochas, estima-se as massas de minérios existentes, segundo o exposto na Tabela 9.

*Tabela 9: Massas de minerais existentes na crosta terrestre*

Metais	Volume em t	Teor Médio Mínimo Explorável %
--------	-------------	--------------------------------

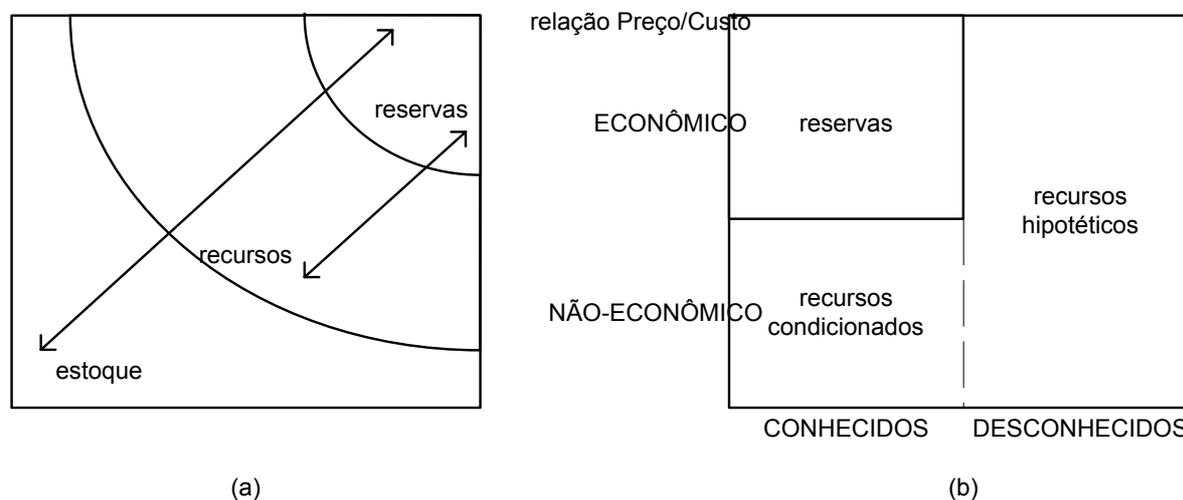
<sup>109</sup> Esta seção foi desenvolvida com base em Geoff Brown, et. alii (1994, BI).

Alumínio, Al	$8 \times 10^{19}$	38,00
Ferro, Fe	$5 \times 10^{19}$	30,00
Níquel, Ni	$8 \times 10^{16}$	1,00
Cobre, Cu	$5 \times 10^{16}$	0,50
Chumbo, Pb	$1,3 \times 10^{16}$	5,00
Mercúrio, Hg	$8 \times 10^{13}$	0,20
Prata, Ag	$7 \times 10^{13}$	0,01
Ouro, Au	$2 \times 10^{12}$	$8,00 \times 10^{-4}$

Fonte: Elaborado com base a Geoff Brown (1994, op. cit. p. 74 Tabela 7).

Esta massa de minerais seria o limite superior dos **estoques**, que após definidos os teores mínimos que viabilizariam sua extração (coluna 3 da Tabela 9) dariam lugar aos **recursos**, e estes, por sua vez, quando devidamente localizados e viabilizados economicamente, dariam lugar às **reservas**. Estas três últimas categorias estão simbolizadas no Gráfico 31 (a).

Gráfico 31: Classificação das disponibilidades minerais



Do Gráfico 31 (b) deduz-se que os **recursos** podem ser subdivididos em conhecidos e desconhecidos (eixo horizontal), sendo os primeiros sustentados por cálculos de engenharia geológica (lado esquerdo), e os segundos, os hipotéticos, pressupostos no conhecimento geral e teorias geológicas (lado direito). Paralelamente, os

recursos também podem ser classificados considerando-se sua relação Preço/Custo (eixo vertical), caso se assuma um processo de produção para eles; assim, eles podem ser econômicos ou subeconômicos se sua relação é positiva (parte superior) ou negativa (parte inferior). Então, as **reservas**, que são de interesse imediato para a economia fariam parte dos recursos viáveis a serem explorados hoje, dadas as condições técnicas e econômicas.

Os limites entre estoques, recursos e reservas estariam variando permanentemente ao longo do tempo e do espaço, em função dos investimentos em exploração, das condições do mercado e preços para estes bens e também dos avanços tecnológicos, que por seu lado, definem o teor mínimo de exploração, reduzem custos e/ou condicionam o que produzir:

*“Paradoxalmente, tecnologia melhorada pode algumas vezes ter o efeito de reduzir reservas. Por exemplo, depósitos de ricos minérios de ferro, que já foram trabalhados com lucro, hoje são muito pequenos para acomodar novos equipamentos. Muitas camadas de carvão que foram lavradas com sucesso por métodos desatualizados, hoje são muito estreitas para serem extraídas por equipamento automático. Em ambos os exemplos, uma proporção de reservas foi relegada à categoria de recursos...”*<sup>110</sup>

## **Oferta e demanda de minerais**

Ante a aparente imensidão das disponibilidades de minerais na crosta terrestre, a parte conhecida como reserva é pequena, especialmente quando se considera a demanda existente e prevista. Os dados sobre a oferta e demanda de minerais são escassos e bastante discutidos; mesmo sendo antigos, devido à transcendência que em seu momento causaram e para fins de comparação e análise passar-se-á a utilizar os dados de Meadows e Pearce.

Na Tabela 10 apresenta-se o balanço oferta-demanda de Meadows e sua equipe (1972) que, na oportunidade, sustentou os trabalhos do Clube de Roma.

---

<sup>110</sup> Brown Geoff, (Op. cit., p. 78.).

Tabela 10: Oferta e demanda de minerais 1970 — Meadows

Minerais	Reservas conhecidas (milhões unidades) (1)	Produção consumo (milhões unidades) (2)	Período de vida das reservas (anos)	
			economia estática (3) = 1/2	economia dinâmica (4) = $\ln [1/2r + 1]/r$
Alumínio t	1.170	11,7	100	31
Cromo t	774	1,8	420	95
Cobalto lb	4.800	43,6	110	60
Cobre t	308	8,5	36	21
Ouro Troy	353	32,1	11	9
Ferro t	100.000	416,7	240	93
Chumbo t	91	3,5	26	21
Manganês t	800	8,2	97	46
Mercúrio Frascos	3,34	0,25	13	11
Molibdênio lb	10.800	136,7	79	34
Níquel lb	147.000	980	150	53
Prata Troy	5.500	343,75	16	13
Estanho tlg	4,3	0,25	17	15
Tungstênio lb	2.900	72,5	40	28
Zinco t	123	5,3	23	18

Fonte: Elaborado com base no documento de Meadows, (1972, p. 55, Tabela 4).

Desta tabela deduz-se que hoje, para praticamente todos estes recursos poderia ter-se problemas de abastecimento, fato que não está acontecendo, e, contrariamente, como veremos daqui a pouco, existem grandes reservas de muitos deles. Isto permite admitir parte das muitas críticas feitas a estes trabalhos, como no caso presente, de não ter sido previsto o aumento das reservas e nem sido assumido como válidas as tendências de consumo ao longo do tempo, negligenciando as substituições e o melhor uso técnico dos recursos.

Na Tabela 11 apresenta-se o trabalho de D. W. Pearce (1976), que foi bem recebido pelo mundo acadêmico. Desta tabela, que também tem suas deficiências (como a afirmação de que as reservas de cobre são de 808 milhões de toneladas), deduz-se que, até o ano 2020, a humanidade irá gradualmente enfrentando problemas pelos crescentes déficits no abastecimento de minerais, especialmente daqueles mais nobres como cobre, chumbo, alumínio, estanho, zinco e mercúrio.

Tabela 11: Oferta e demanda de minerais, 1970 — Pearce

Minerais	Reservas em milhões de toneladas (1)	Demanda 1968-2020 em milhões de toneladas (2)		+ Exced. Demanda; 2 > 1 - Exced. Oferta; 2 < 1 (3)	
		Alta	Baixa	D. Alta	D. Baixa
Ferro	97.000	35.000	48.457	-	-
Cromo	775	5,4	10,2	-	-
Magnésio	2.580	360	608	-	-
Fósforo	21.800	1.942	3.950	-	-
Potássio	110.000	2.421	3.804	-	-
Vanádio	10,11	3,13	4,36	-	-
Cobalto	2,40	1,54	2,27	-	-
Níquel	73,5	52,6	76,0	-	+
Enxofre	2.767	5.867	9.329	+	+
Titânio	147	153	386	+	+
Manganês	797	853	1.195	+	+
Cobre	808	975	2.073	+	+
Molibdênio	5,41	11,62	16,48	+	+
Tungstênio	1,41	4,23	5,57	+	+
Chumbo	95	296	377	+	+
Alumínio	1.168	2.277	4.974	+	+
Estanho	4,91	15,18	26,27	+	+
Zinco	124	581	774	+	+
Mercúrio (frascos)	3,34	8,8	13,6	+	+

Fonte: Elaborado com base em Pearce (1976, p. 204).

Com base nos dados das Tabelas 10 e 11 pode-se afirmar, em geral, que existe um estoque relativamente limitado de reservas minerais, e que este vai se esgotando ao longo do tempo, em função da demanda derivada existente para cada um destes bens.

No entanto, dados recentes parecem condizer a afirmação de Brown, no sentido de que as reservas não são fixas, que elas mudam continuamente; assim, conforme registra a Tabela 12, elas aumentaram muito. Igualmente, no consumo, registram-se maiores montantes, a ponto de se chegar à afirmação de que “nas últimas

cinco décadas, depois da II Guerra Mundial, o volume consumido de minerais não combustíveis excedeu à soma total extraída da Terra durante toda a história da humanidade.”<sup>111</sup> (tradução pessoal)

*Tabela 12: Oferta e demanda de minerais — Hodges*

<b>Minerais</b>	<b>Reservas, 1993 em milhões de toneladas métricas</b>	<b>Consumo Anual, 1991 em milhões de toneladas métricas</b>
Alumínio	28.000	17,2
Cobre	590	10,7
Ferro	230.000	959,6
Chumbo	130	5,3
Níquel	110	0,9
Estanho	10	0,2
Zinco	330	7,0

Fonte: Elaborado com base em Hodges, C. A. (1995, p. 1307, Tab. 3).

Estes últimos dados também confirmariam as teses de Kay & Mirrlees (1975, p. 165), quando estes menosprezavam as preocupações pelo perigo de esgotamento das reservas, especialmente daquelas que sobrepassassem os 100 anos. Textualmente, Hodges (1995, p. 1307) diz que “contrariamente às expectativas de meados deste século, pensa-se agora que as disponibilidades da oferta de minerais, metálicos e não metálicos, são suficientes para os próximos 100 anos ou algo assim.” (tradução pessoal)

### **O processo produtivo de minério**

Em geral, o processo a ser seguido para atribuir valor aos recursos minerais segue esta seqüência:

---

<sup>111</sup> Hodges, Carroll Ann (1995, p. 1305).

- 1º. Exploração: Trata-se da busca de regiões mineralizadas, utilizando referências geológicas, amostragem e um mínimo de concentração natural.
- 2º. Mineração: É o processo da extração, carregamento e transporte dos conteúdos mineralizados, com maior ou menor proporção de materiais residuais.
- 3º. Concentração: O mineral é britado, moído e tratado (física e/ou quimicamente), buscando aumentar a proporção do conteúdo fino (no caso do cobre, entre 12% a 30%, por exemplo).
- 4º. Fundição: Trata-se de separar os conteúdos de mineral puro, utilizando o calor (blíster) para conseguir maiores proporções de mineral fino (no caso do cobre, 98,5%).
- 5º. Refinação: Obtém-se os materiais isolados e com um alto grau de pureza, mediante o uso da eletricidade (o conteúdo fino chega a 99,9% no caso do cobre).

### **O processo ótimo da produção**

Muitos economistas não pouparam esforços para definir o valor e o uso ótimo dos recursos minerais. Dentre esses estudiosos, passa-se a revisar e resumir os trabalhos de Lewis Cecil Gray, Harold Hotelling, Richard Lecomber, Robert S. Pindyck, David Levhari e Robert D. Cairns.

**Lewis Gray** (1913 e 1914), cujas idéias já foram de alguma forma resumidas no item 1.3, afirma textualmente que o valor do carvão deriva da capacidade de se obter renda pela sua venda.

*“O valor do carvão deve-se ao fato de que este produz um retorno líquido maior que a despesa para extraí-lo; isto é, o valor é um resultado da renda...”*<sup>112</sup>  
(tradução pessoal)

Especificamente, e para provar sua afirmação, o autor utiliza o caso de uma mina de carvão com uma reserva inicial de 1.200 toneladas e com os dados que aparecem na Tabela 13.

---

<sup>112</sup> Gray, L. C. (1914, p. 481).

Tabela 13: O ótimo na produção de carvão — estática

Produção Q (1)	Receita PQ (2)	Custo C (3)	Lucro Líq. LL (4) = 2-3	Custos Unitários		Lucro Líquido Unitário	
				CMe (5) = 3/1	CMg (6) = $\Delta 3/\Delta 1$	LLMe (7) = 4/1	LLMg (8) = $\Delta 4/\Delta 1$
100	100	120	-20	1,2	—	-0,2	—
200	200	200	0	1	0,8	0	0,2
300	300	240	60	0,8	0,4	0,2	0,6
400	400	200	200	0,5	-0,4	0,5	1,4
500	500	260	240	0,52	0,6	0,48	0,4
600	600	330	270	0,55	0,7	0,45	0,3
700	700	413	287	0,59	0,83	0,41	0,17
800	800	512	288	0,64	0,99	0,36	0,01
900	900	612	288	0,68	1,00	0,32	0,00
1000	1000	730	270	0,73	1,18	0,27	-0,18
1100	1100	869	231	0,79	1,19	0,21	-0,39

Fonte: Elaborado com base em Gray (1914, p. 472, Tabela I).

Gray mostra como, numa situação concorrencial, com preço de mercado igual a  $P = 1$ , e seguindo as orientações da teoria econômica convencional, o ótimo dar-se-ia no ponto em que  $P = CMg$ , quer dizer, em  $Q = 900$ , o que daria um  $LL = 288$ ; no entanto, diz Gray, se se decidisse prolongar a produção ao longo do tempo o aconselhável seria fixar a produção no nível do  $CMe$  mínimo, ou o  $LLMe$  e  $LLMg$  máximo, fixando-se, assim, a produção em  $Q = 400$ . Deste modo, em quatro anos sucessivos, esgotar-se-ia a reserva total e se obteria um valor atual descontado de 547,<sup>113</sup> superior à alternativa anterior de 288.

<sup>113</sup> No caso de se decidir produzir 400 unidades por ano, e considerando-se uma taxa de desconto  $r = 10\%$ , ter-se-ia:

1	2	3	Total
---	---	---	-------

Num segundo momento, e utilizando o mesmo caso anterior, porém com uma reserva de 3.700 toneladas de carvão, Gray amplia seu método do ótimo na produção apresentando o lucro líquido médio descontado, e em seguida busca igualar o retorno médio mínimo ao longo do tempo, como se vê na Tabela 14.

Tabela 14: O ótimo na produção de carvão — dinâmica

Prod Q	Lucro Líquido Médio Descontado: $LLMe_d = \frac{LL_t / Q_t}{(1+r)^t}$ $r = 0,10$								
	Anos t	1	2	3	4	5	6	7	8
400		0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29
500		0,40	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,25	0,21
600		0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18
700		0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10
800									
900									

Fonte: Elaborado com base em Gray (Ob. Cit., p. 47, Tabela II).

Nesta tabela, para definir o ótimo na extração, deve-se considerar as quantidades que permitem obter, ao menos, o mesmo lucro líquido médio descontado, ao longo do tempo, até esgotar a reserva existente. Neste caso, o lucro líquido médio de corte seria de \$ 0,29 por tonelada, definindo assim a escala de produção anual:

Primeiro ano: = 600 t

2º a 4º ano: 500 x 3 = 1.500

5º a 8º ano: 400 x 4 = 1.600

Q	400	400	400	1200
RT	400	400	400	
C	200	200	200	
LL	200	200	200	
LL <sub>d</sub>	200	181,8	165,2	547

Total = 3.700

A seguir, Gray aplica o mesmo esquema para um cenário de maior preço ( $P = 2$ ), e este aumento dá lugar a um encurtamento no horizonte da produção (de 8 a 6 anos). Isto também aconteceria caso se aumentasse a taxa de desconto; quer dizer: diante de maiores preços e/ou taxa de juros maior o interesse por encurtar os períodos de esgotamento das reservas de minerais.

Uma crítica que se pode fazer ao esquema de Gray é que ele assume a existência de custos crescentes na mineração, ao contrário daquilo que mostra a realidade, já que toda a atividade de mineração exige elevados níveis de investimentos iniciais em ativos fixos. Evidentemente, esta crítica deixaria de ter sentido caso fosse aceita a tese dos que afirmam que na mineração primam os custos crescentes (ver rodapé 25).

**Harold Hotelling** (1931), em seu artigo já várias vezes citado e cujo resumo consta do item 1.3, nega valor à teoria econômica do equilíbrio estático, quando se trata de definir o ótimo de um recurso exaurível:

*“A teoria econômica do tipo equilíbrio-estático, que hoje está bastante desenvolvida, é plenamente inadequada para uma indústria na qual a manutenção indefinida de uma taxa estável de produção é uma impossibilidade física e, nesta hipótese, a produção está destinada a declinar...”*<sup>114</sup> (tradução pessoal)

O modelo de Hotelling tem pressupostos explícitos e implícitos.

Pressupostos explícitos:

- a) Existe uma dotação de reservas minerais, com um valor líquido (livre de custos) igual a  $P$ .

---

<sup>114</sup> Hotelling Harold (1931, p. 138-9).

- b) Os proprietários destes recursos observam um comportamento maximizador de lucros ao longo do tempo.

Pressupostos implícitos:

- a) Os atuais níveis e relações do consumo e produção continuarão vigentes no futuro.  
b) As reservas de minerais são conhecidas e fixas.  
c) O custo marginal é constante ao longo do tempo.

Com estes pressupostos, e para o caso de um mercado concorrencial, Hotelling estabelece esta igualdade:

$$P_t = P_0 \cdot e^{r \cdot t}$$

onde:

$P_t$  = Valor líquido do recurso numa data futura  $t$

$P_0$  = Valor líquido do recurso hoje (descontado)

$r$  = Taxa de juros do mercado

$t$  = período de capitalização ou desconto

Num certo momento, esta relação teria o seguinte comportamento:

$$\frac{\partial P_t}{\partial t} > 0$$

A proporção de seu crescimento, com o passar do tempo, teria que observar uma estreita relação com a taxa de juros do mercado, porque:

$$\frac{\dot{P}_t}{P_t} = r$$

Daí, deduz-se uma regra de decisão, amplamente conhecida no mundo acadêmico, como a “Regra de Hotelling”.

Se  $\frac{\dot{P}_t}{P_t} = r$  seria então indiferente, ao longo do tempo, explorar ou não a reserva mineral.

Se  $\frac{p}{P_t} > r$  deve-se deixar os recursos no campo, já que eles estão se revalorizando numa taxa maior que a vigente no mercado.

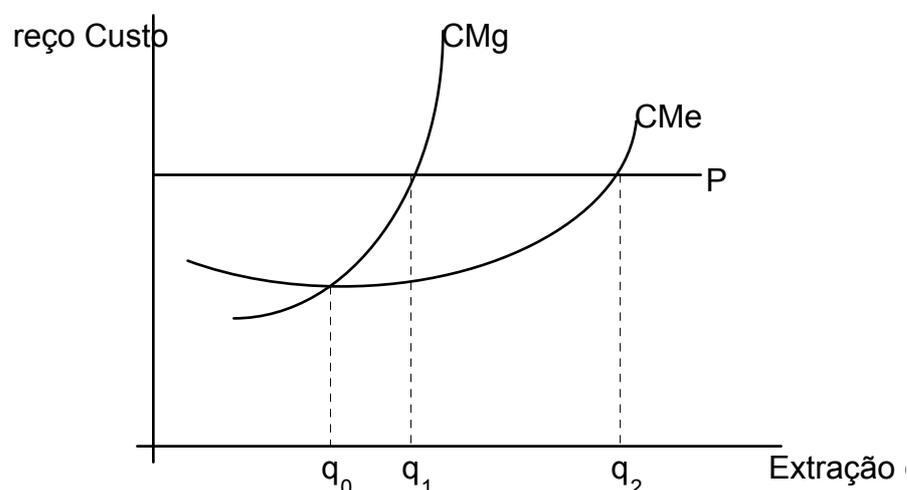
Se  $\frac{p}{P_t} < r$  deve-se proceder à extração e comercializar as reservas minerais já que os capitais líquidos têm maior valor de capitalização que os ativos reais (a reserva mineral).

Embora a tese de Hotelling seja bastante convincente, especialmente por sua linguagem matemática, as evidências empíricas não parecem confirmar estas afirmações, como analisa Cairns (1994).

**Richard Lecomber** (1979), seguindo o raciocínio de Gray e Hotelling e assumindo a não existência de custos de capital, formaliza o processo de otimização da extração mineral, estabelecendo os princípios a seguir relacionados.

O ótimo na produção, num ambiente concorrencial, dar-se-ia no ponto onde o custo médio é mínimo (ponto  $q_0$ , no Gráfico 32) e não no ponto onde o preço iguala o custo marginal (ponto  $q_1$ ), próprio de qualquer outra atividade econômica; esta aparente contradição se justifica porque este tipo de atividade aconselha postergar a extração para períodos futuros, nos quais se conseguiria menores custos e maior rentabilidade. Igualmente, caso o livre acesso fosse permitido, a produção se fixaria no ponto  $q_2$  porque todos os extratores estariam desprovidos do espírito maximizador de lucros e seu único interesse seria obter uma renda hoje, por pequena que fosse.

Gráfico 32: O ótimo na extração de minerais

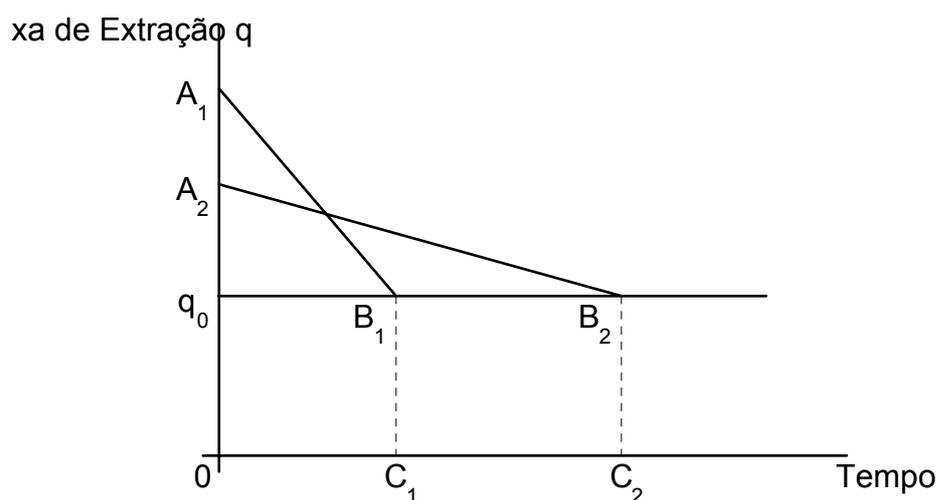


O lucro líquido marginal descontado ou o “custo de uso” ( $\lambda$ ) deve ser constante ao longo do tempo, isto é, o lucro marginal deve aumentar a uma taxa igual à taxa de juros ( $i$ ) do mercado; se assim não fosse, poder-se-ia transferir a extração do período de menor retorno para outro de maior retorno e, com isso, seria alcançado um maior valor atual líquido.

A extração deve acontecer no tempo  $t$ , se e somente se, o lucro médio descontado (para ao menos uma taxa de extração) exceder o custo de oportunidade da extração, isto é, o lucro marginal descontado (constante) dos outros períodos ( $\lambda$ ).

Lecomber aceita a afirmação de Gray e Hotelling segundo a qual ante maiores taxas de juros correspondem maiores taxas de extração e menores períodos de exaustão dos recursos, porém adverte que maiores taxas de juros significam, também, maiores custos de capital e equipamentos, e como tal menores taxas de extração; no entanto, num balanço entre ambas as forças, pesaria mais a primeira, como se vê no Gráfico 33.

Gráfico 33: A taxa de juros e o período de exaustão



$A_1 B_1$  = Produção/tempo correspondente a uma alta taxa de juros

$A_2 B_2$  = Produção/tempo correspondente a uma baixa taxa de juros

Estoque de recursos: Área  $A_1 B_1 C_1 O$  = Área  $A_2 B_2 C_2 O$ .

Logo:  $O C_2 > O C_1$

Quer dizer, diante de um aumento da taxa de juros, inicialmente a taxa de extração também aumentará, porém logo a taxa de extração diminuirá ao longo do tempo, para marcar menores períodos de exaustão, em relação ao correspondente à menor taxa de juros ( $O C_1 < O C_2$ ).

**David Levhari e Robert S. Pindyck** (1981), numa coletânea sobre vários testes empíricos da tese de Hotelling, concluem não existir uma relação estreita entre os preços dos minerais e a taxa de juros do mercado; que a forma do comportamento dos preços no tempo tem uma forma de U, quer dizer, decrescente no começo e logo a seguir crescente.

A explicação para este comportamento dos preços estaria no fato de que os preços dos minerais são função tanto do estoque existente destes bens no mercado (trata-se de bens duradouros, tais como o diamante, ouro, prata e outros metais preciosos) quanto de a indústria mineira enfrentar custos crescentes.

**Robert D. Cairns** (1994) contesta também a tese de Hotelling, no sentido que a relação  $\frac{P}{p} = r$  deveria nortear a política de produção ótima. Ele se apóia tanto nos trabalhos de Barnett e Morse (1963), que afirmam ser decrescentes os preços dos minerais no último século, como no trabalho de Heal & Barrow (1980), que comparam os preços do cobre, prata, estanho e zinco com a taxa de juros do mercado e não encontram uma correlação satisfatória.

Com estes e outros argumentos, Cairns sugere retomar os trabalhos de Gray (1913 e 1914) para desenvolver um método ótimo do processo da produção mineral, já que, aparentemente, o tratamento deste setor deve ser heterogêneo e adquire grande importância segundo o nível dos investimentos (custos) e acesso às informações (preços de mercado previstos e teor mínimo de extração).

Do mundo dos profissionais em mineração, é de se mencionar o trabalho de Kenneth F. Lane (1988), que se sustenta principalmente no método do valor atual descontado (VAL), visto anteriormente. Nesse trabalho, são feitas três objeções aos princípios geralmente aceitos, baseados na experiência prática da mineração:

1º) Não é válida a forma de definir as reservas econômica de minerais (preço maior que custo marginal), já que, assim, estaria sendo esquecida a capacidade instalada na mina, para extrair e processar minerais (capital e equipamentos, vias, depósitos, energia, administração etc.); como no caso dos varejistas, trata-se de maximizar o uso do espaço disponível, optando-se pela extração de tudo aquilo que permita a máxima rentabilidade, deixando fora o resto.

*“Esta política é consistente com a interpretação do critério que considera um mínimo lucro marginal, porém os defensores deste critério usualmente não fornecem dados para a determinação desta margem, sendo ela parte da política da empresa...”<sup>115</sup> (tradução pessoal)*

2º) Não é possível assegurar que todo o material definido como reserva de minerais seja realmente extraído, já que a distribuição deles no espaço mineralizado é irregular e dispersa; por outro lado, existe um mínimo de corte variável, que condiciona o que se deve e o que não se deve extrair.

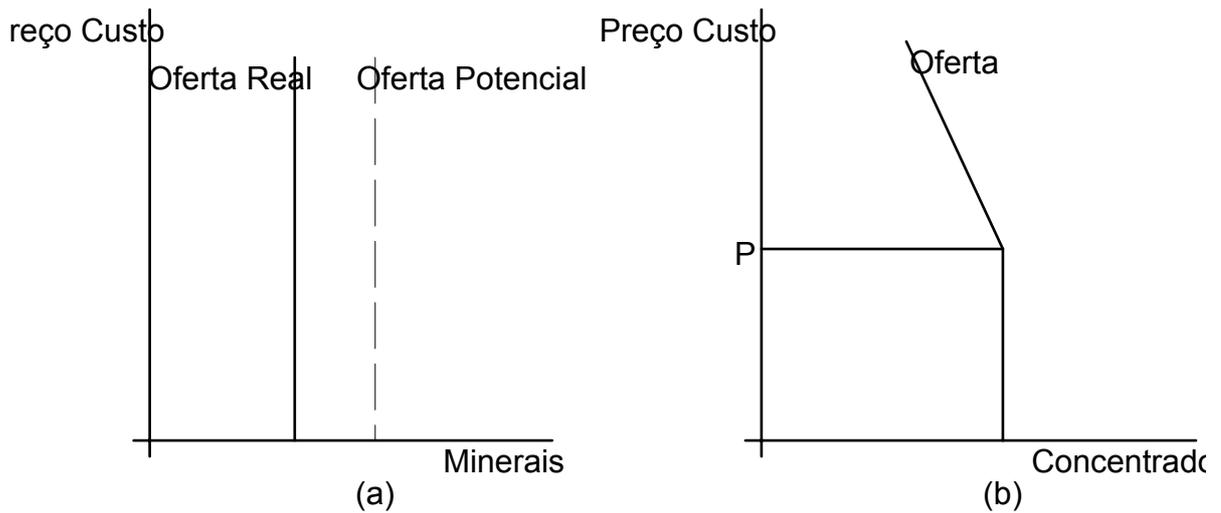
3º) Ante a lógica do mercado, que a um maior preço corresponde uma maior oferta, na mineração acontece algo diferente; diante de um maior preço passa-se a extrair minerais de menor teor de corte, e se a quantidade de mineral extraído permanece a mesma, como na realidade ocorre, a produção de concentrados será menor.

Tudo isto mostra que a oferta existente das reservas de minerais seria inferior àquelas usualmente informadas (Gráfico 34 (a)), e que, com preços elevados, a oferta de concentrados oferece uma linha de inclinação negativa, como se vê no Gráfico 34 (b).

*Gráfico 34: Oferta de minerais e concentrados*

---

<sup>115</sup> Lane, Kenneth F. (1988, p. 8).



O modelo de Lane considera, principalmente, a seguinte equação:

$$\text{Max}V = \sum_0^T \frac{V(P_t, C_t, R_t, \Omega_t)}{(1+r)^t}$$

onde:

V = valor atual descontado

$P_t$  = preço de venda dos minerais extraídos que, por sua vez, é função do preço de venda dos produtos finais (bens refinados)

$C_t$  = custo de extração

$R_t$  = montante das reservas remanescentes

$\Omega_t$  = teores mínimos de mineral fino

r = taxa de desconto

t = tempo

Este modelo é aplicado para sete casos de minerais, que estão anexos ao trabalho, definindo para eles seu valor atual, período de vida, teor mínimo e produção.

### **A formação dos preços dos produtos minerais**

Usualmente e, em princípio, poder-se-ia afirmar que a oferta e a demanda destes bens determinam seus preços correspondentes; no entanto, dada a complexidade e estrutura destes mercados (produção, comércio e consumo) e os diversos fatores que interferem neste processo (ciclos econômicos, reservas, estoques, exploração, descobrimentos, investimentos, inovações tecnológicas, prognósticos, sindicatos de produtores e sindicatos de consumidores etc.), dizem os especialistas, não resulta fácil qualquer esforço de formalização:

*“Não é de surpreender que não exista ainda uma teoria universalmente aceita, relativa à fixação dos preços dos minerais...”*<sup>116</sup> (tradução pessoal)

**Rex Bosson e Benson Varon** (1977) indicam que no mercado de minerais atuam simultaneamente mercados livres e mercados integrados, sendo estes últimos integrados horizontal e verticalmente. Uma mostra de mercados livres seriam as Bolsas de Metais de Londres (LME) e a correspondente de Nova York (COMEX). Os mercados integrados horizontalmente funcionam na base de contratos de longo prazo, nos quais não é difícil identificar os preços combinados. Nos mercados integrados verticalmente, nos quais todo o processo produtivo pertence a uma mesma empresa (geralmente uma multinacional), é praticamente impossível identificar os preços ou ter alguma confiança em sua veracidade.

Existe uma tendência de que os mercados integrados horizontalmente sejam majoritários, em detrimento dos mercados livres. Por exemplo, no caso do ferro 20% das transações correspondem aos mercados livres e o restante é dividido em partes iguais entre os integrados horizontal e verticalmente.

Paralelamente, também existe uma tendência a se formar grupos de produtores e consumidores com os propósitos de conseguir melhores preços e/ou manter estáveis os suprimentos. Entre estes grupos aparecem os seguintes:

. Conselho Internacional do Estanho (ITC), desde 1956: produtores e consumidores

---

<sup>116</sup> Bosson & Varon (1977, p. 105).

- . Conselho dos Países Exportadores de Cobre (CIPEC), desde 1967: produtores.
- . Associação Internacional da Bauxita (IBA), desde 1974: produtores
- . Associação dos Países Exportadores de Ferro (APEMF), desde 1975: produtores.
- . Associação Internacional de Produtores de Mercúrio (AIPM), desde 1975: produtores

**Robert Pindyck** (1978), com base em um modelo que considera tanto um cenário de cartel ou monopólio como concorrencial, estima os preços e a margem de lucros líquidos para o petróleo, bauxita e cobre, com referência ao período 1975-2010. Para o caso do cartel, ele utiliza esta proposta: <sup>117</sup>

$$Max.W = \sum_{t=1}^N \frac{1}{(1+\delta)^t} \cdot \left[ P_t - \frac{m}{R_t} \right] \cdot D_t$$

onde:

W = valor total dos benefícios descontados

N = 40 — 60 anos

$\delta$  = taxa de desconto (0,05 e 0,10 ao ano)

$P_t$  = preço real no período t

m = custo médio inicial

$R_t$  = reserva existente do mineral, sob o domínio do cartel no período t

$D_t$  = demanda de minerais, atendida pelo cartel

Este modelo, aplicado iterativamente, permite encontrar valores ótimos para as variáveis  $P_t$  e W, no caso do cartel. Os produtores que atuam fora do cartel, que observam um comportamento competitivo, limitam-se a tomar os preços fixados pelo mercado, de acordo com a seguinte relação:

$$P_t = (1 + \delta) \cdot P_{t-1} - \delta \cdot \frac{m}{R_{t-1}}$$

Esta equação, junto com a condição limitativa de que o esgotamento acontece ao mesmo tempo em que a quantidade da demanda chega a zero; por causa dos preços proibitivos, é utilizada para determinar a trajetória do preço competitivo. Além disso, tanto o cartel quanto o setor competitivo devem também observar estas condições:

$$TD_t = f_1 (P_t, Y_t, TD_{t-1})$$

$$D_t = TD_t - S_t$$

$$S_t = f_2 (P_t, S_{t-1})$$

$$R_t = R_{t-1} - D_t$$

$$\frac{\partial P_t}{\partial \alpha} > 0, \text{ até que } R_t = 0, \text{ no mesmo instante em que } TD_t = 0,$$

onde:

$TD_t$  = demanda total do recurso (cartel + concorrencial)

$Y_t$  = produto ou renda nacional

$S_t$  = oferta do setor competitivo

$\Pi_t$  = benefício líquido descontado, correspondente ao período t

As principais conclusões que se pode deduzir do trabalho de Pindyck são:

- 1ª) A curto prazo, o nível dos preços, lucros e rendas do cartel são maiores que aqueles do mercado concorrencial e, correspondentemente, a quantidade demandada é maior

---

<sup>117</sup> Pindyck espera que os integrantes do setor competitivo também definam seus preços e sua produção otimamente, como o cartel (ver nota de rodapé 7 de Pindyck).

em concorrência, diante do monopólio. A longo prazo, ambas as situações vão mudando gradualmente, até se inverter totalmente num extremo.

- 2<sup>a</sup>) Os elevados e crescentes preços do petróleo e da bauxita, no final da década de 70, dever-se-iam mais à força do cartel existente em torno destes bens (a OPEP e o IBA tinham dois terços da oferta mundial do petróleo e da bauxita, respectivamente) e, em menor medida, à esgotabilidade de tais recursos. No caso do cobre, como a força do cartel é menor (o CIPEC só tinha um terço do mercado do cobre), os preços eram mais sensíveis à esgotabilidade do recurso.

**Margaret E. Slade** (1982) fez uma análise do comportamento dos preços no período 1870-1978 e chegou à conclusão que a tendência geral deles corresponde a uma curva em forma de U, quer dizer, tomando o tempo como variável independente aparece a função quadrática seguinte:

$$P = a + b.t + c.t^2$$

Os valores dos parâmetros a, b e c, e do coeficiente de correlação correspondente, aparecem na Tabela 15:

*Tabela 15: Os preços de minerais no período 1870-1978 — Slade*

Índices com Preços Constantes, IPA-US (1967=1)

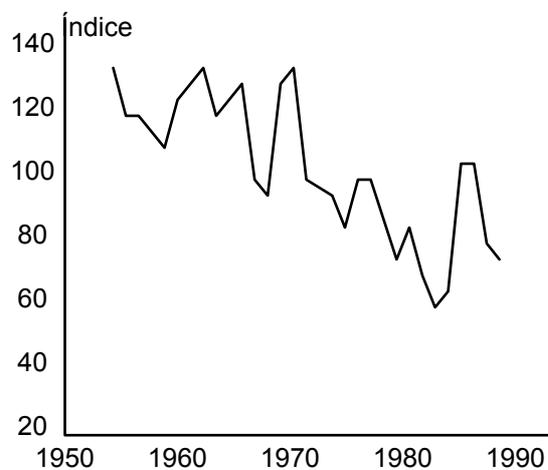
Mineral	Coeficientes e Parâmetros			
	a	b	c	R <sup>2</sup>
Alumínio	563	-6,5	0,020	0,91
Cobre	165	-1,9	0,007	0,72
Ferro	354	-4,4	0,018	0,69
Chumbo	22	-0,14	0,00057	0,52
Níquel	626	-8,4	0,031	0,86
Prata	1692	-23,0	0,083	0,96
Estanho	205	-2,6	0,014	0,77
Zinco	30	-0,23	0,00086	0,06

Fonte: Slade M.E. (1982, p. 129, Tabela III).

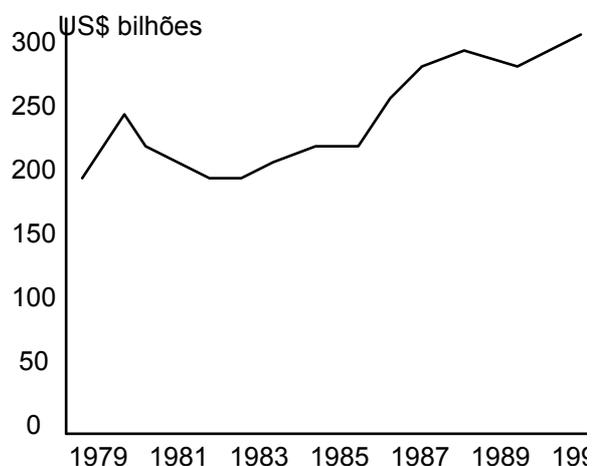
A tendência ligeiramente decrescente do preço do alumínio se explicaria pelas novas descobertas de grandes reservas e pelas inovações tecnológicas e economias de escala, que reduzem custos. Os preços do chumbo e zinco permanecem quase estáveis e os preços do cobre e prata, e particularmente o estanho, são crescentes, explicados tanto pela maior procura como pela ausência de substitutos significativos.

**Carroll Ann Hodges** (1995), contrariamente a Slade, mostra que a tendência dos preços dos minerais não combustíveis, no período 1957-1991, é decrescente, como se pode ver no Gráfico 35a: esta queda seria consequência, em parte, do maior abastecimento dos mercados internacionais (Gráfico 35b).

**Gráfico 35a:** Índice de tendência dos preços de minerais não combust. - preç. const. 80

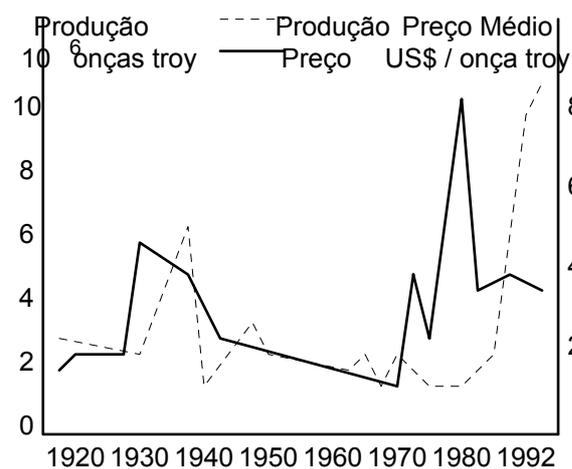


**Gráfico 35b:** Volume exportado de minerais não combust.; em bilhões de dólares de 1991.

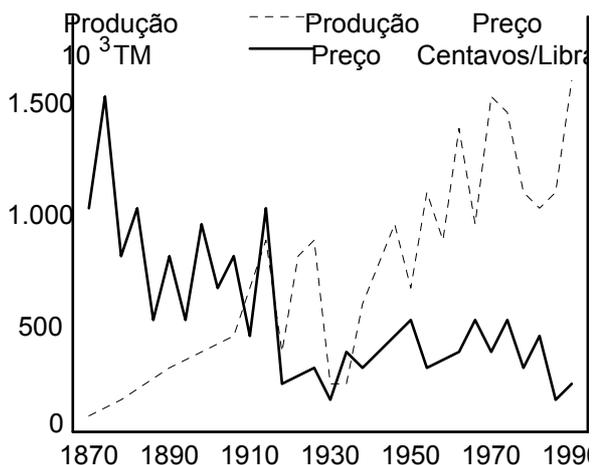


A dicotomia assinalada entre produção e preços tem maior força quando se consideram os casos do ouro (Gráfico 36a) e do cobre (Gráfico 36b).

*Gráfico 36a: Tendências na produção e preço do ouro; em preços constantes de 1987*



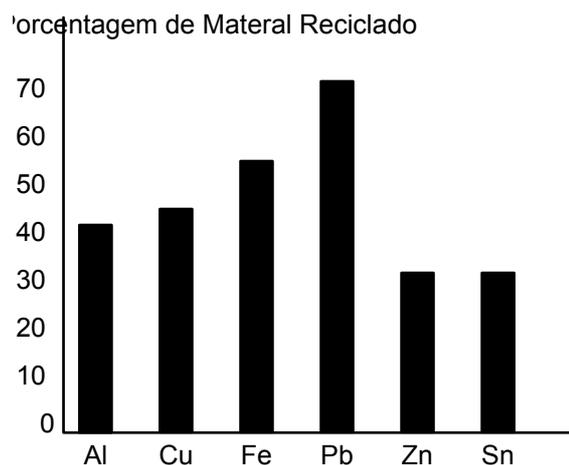
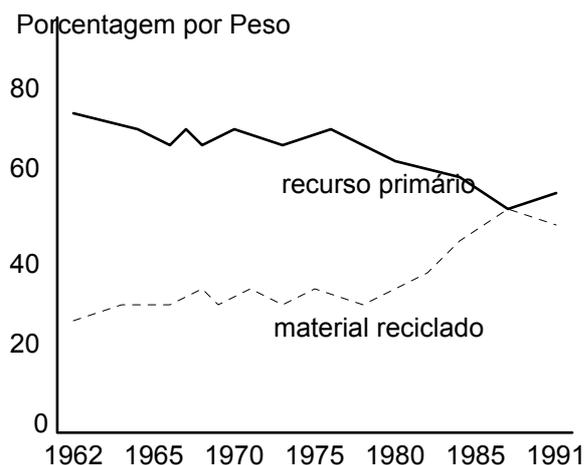
*Gráfico 36b: Tendências na produção e preço do cobre; em preços constantes de 1987*



Além da causa assinalada - maior produção e estocagem de minerais - como explicação da queda generalizada dos preços, também aparece o uso crescente da sucata e material reciclado como parte da oferta destes recursos; isto pode ser comprovado nos Gráficos 37a e 37b, para o caso específico dos Estados Unidos.

*Gráfico 37a: Proporção de uso de material reciclado na indústria dos Estados Unidos*

*Gráfico 37b: Proporção relativa de material reciclado, em cada um dos metais usados nos Estados Unidos*



Ante este confronto entre Slade e Hodges, fez-se um teste particular para o cobre, baseado nos dados de Panigassi e nos da **Gazeta Mercantil** de São Paulo, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16: Preços do cobre na Bolsa de Londres - US\$/tonelada em valores correntes

Anos	Cotação
1960	430
1970	1.220
1980	1.140
1990	1.300
1994	2.200 (14/10/1994)
1995	2.945 (27/07/1995)
1995	2.795 (06/11/1995)

Fonte: 1960-1990; Panigassi, M.E.F. (1993, p 47A) / 1994-1995; **Gazeta Mercantil**.

Os dados desta tabela mostram que a posição de Slade seria de maior crédito, ao menos para o caso do cobre.

### **Caminhos práticos para estimar o valor dos minerais**

Dadas as dificuldades, limitações e contradições que se acabou de apresentar, determinar de forma concreta um modo de avaliar o valor dos depósitos minerais no campo não será uma tarefa fácil. No entanto, pode-se tentar percorrer o seguinte roteiro.

Para minas que já estão em operação:

- 1º) Tomar ou construir um fluxo de caixa para a mina, considerando os últimos 10 anos de operação. Cuidar para que neste fluxo apareçam desagregados preços, quantidades e custos, para cada um dos minerais existentes. Todos estes valores seriam apresentados em valores constantes, tomando-se como base o último ano ou ano base da operação.
- 2º) Poder-se-ia utilizar o modelo de Pindyck (1978), já apresentado anteriormente, para fazer as projeções de preços finais, até o esgotamento das reservas da mina em análise.
- 3º) Deduzir destes preços finais todos os custos correspondentes a todo o processo da produção (custos implícitos, explícitos e de oportunidade), para se chegar ao preço dos concentrados ou minerais, segundo o caso. Para esta operação pode-se usar o modelo seguinte, de Panigassi, (1993, p. 46):

$$P_c = P_m - (TC + RC + D) + C$$

onde:

$P_c$  = Preço do concentrado

$P_m$  = Preço do mercado final (Bolsa de Londres ou Nova York)

TC = Custo de fundição

RC = Custo de refino

D = Deduções por impurezas

C = Créditos por metais preciosos existentes

Dependendo das circunstâncias, caso se pretenda calcular o valor bruto no campo dever-se-ia deduzir também os custos dos concentrados e transportes.

- 4º) Projetar para o futuro uma estrutura diferenciada de produção e custos, assumindo os mesmos níveis de despesas unitárias e considerando as reposições e manutenção dos ativos fixos.
- 5º) Construir um fluxo de caixa para o período futuro, utilizando os dados obtidos nos itens 3º e 4º e descontar estes valores a partir do ano base, utilizando uma taxa de desconto apropriada.
- 6º) Construir um fluxo de caixa, paralelo ao anterior, no qual apareçam dados dos lucros líquidos médios descontados, como nas Tabelas 13 e 14, para assim definir o lucro líquido médio de corte e marcar as quantidades a serem deduzidas ano a ano, bem como o tempo de operação.
- 7º) Com os dados dos preços definidos no item 3º e as quantidades ótimas do item 6º passar-se-ia a recalculer os fluxos de caixa descontados, e o VAL obtido seria o valor do depósito mineral.

Para o caso de minas novas, ou ainda sem nenhum ou pouco grau de histórico produtivo, dever-se-ia considerar os dados de minas similares ou parecidas e construir um balanço de operações que preencha os dados exigidos no item 1º e, com base nisso, fazer os cálculos subseqüentes.

Como uma alternativa a todo o processo anterior, já de *per si* complicado e sofisticado, apresentam-se dois métodos bastante simples, que podem servir, ao menos, como referências rápidas sobre o valor dos depósitos minerais.

#### **Método sugerido por Bosson & Varon (1977, p. 207)**

Toma-se o valor de mercado de cada um dos minerais correspondentes, preferencialmente os de longo prazo, e deduz-se todos os custos do processo intermediário, até o nível de início de operação; este preço líquido seria multiplicado pela quantidade de minerais existentes na reserva em estudo.

Por exemplo: se o preço líquido do ferro no campo é de US\$ 0,10 por tonelada, e a quantidade de minerais existentes nos depósitos da Cia. Vale do Rio Doce é de 41,2 bilhões de toneladas, então o valor destes minerais, ao menos para o caso do ferro, seria de 4,12 bilhões de dólares. Evidentemente, como a Vale tem outras reservas,

como bauxita, manganês, ouro, cobre e caulim, todos eles teriam que ser avaliados, como o caso do ferro, para assim se obter o valor conjunto destes depósitos.

### **Método sugerido por R. F. Mikesell (1989, p. 295-6)**

Tome-se o valor médio anual do saldo líquido do fluxo de caixa da mina em análise e assumam-se que ele é perpétuo; para se calcular o VAL desta perpetuidade pode-se utilizar a fórmula correspondente, já exposta no item 4.2.

Exemplo: no mesmo caso da Cia. Vale do Rio Doce — se o último lucro líquido anual da empresa foi de US\$ 800 milhões, então:

$$\text{VAL} = 800/0,10 = 8 \text{ bilhões de dólares.}$$

O valor dos depósitos mineralizados da Vale do Rio Doce alcançaria US\$ 8 bilhões.

## **5.7 Recursos energéticos**

Por recursos energéticos entendem-se todos os bens que, em seu estado natural ou modificado, são capazes de gerar e produzir calor, força e iluminação, necessários para o consumo e a produção. Os recursos energéticos podem ser classificados assim:

Pela sua Natureza	Não Renováveis	Petróleo Carvão Gás Natural Energia Nuclear
	Renováveis	Água (hidroelétricas, moinhos, navegação) Biomassa (lenha, carvão vegetal, álcool, biogás) Solar (secado, calor, energia fotovoltaica) Geotermal (calor, energia elétrica) Eólico (bombas, navegação, moinhos) etc.
	Convencionais (cuja tecnologia está	Petróleo

	completamente desenvolvida a custos considerados aceitáveis)	Carvão Energia Hidroelétrica Biomassa
Segundo seu grau de aceitação <sup>118</sup>	Não Convencionais (cuja tecnologia já está demonstrada, mas que ainda apresentam problemas de aceitação)	Marés Ventos Ondas Xisto Geotérmico Fissão Nuclear Solar
	Exóticos (cuja tecnologia não está demonstrada e, por conseguinte, os custos e sua aceitação pela sociedade não podem ainda ser avaliados)	Energia Solar (painel de células) Calor dos oceanos Fusão Nuclear
Segundo seu grau de transformação química <sup>119</sup>	Primários (não se produz uma transformação química antes de sua utilização)	Petróleo, carvão e gás natural (quando utilizados como combustíveis) Centrais Nucleares (Fissão) Centrais Hidroelétricas Biomassa
	Secundários (energia elétrica gerada por fontes térmicas)	Petróleo, carvão e gás natural (utilizados em centrais termoelétricas)

Ao longo deste item tratar-se-á, principalmente, dos recursos definidos como não renováveis, convencionais e primários.

## Evolução histórico-tecnológica da energia

A disponibilidade da energia para a humanidade sempre foi motivo de preocupações, estudos e até de guerras, tudo orientado no sentido de assegurar o abastecimento deste elemento vital para a economia.

Desde os primórdios da civilização, quando sucessivamente passou-se a aproveitar a energia da lenha, do sol e dos ventos, primeiro nas civilizações orientais e a seguir na Europa, passo a passo o homem foi incorporando aquelas primeiras fontes

<sup>118</sup> Tomado de Goldemberg, José (1979, p. 29-30).

<sup>119</sup> Tomado do Banco Mundial (1980, p. vii).

energéticas, o carvão, o petróleo, a energia hidráulica, a energia nuclear, e mais recentemente a energia da biomassa (álcool carburante), buscando sempre, quer na natureza, quer na pesquisa científica, novos recursos que assegurem maior conforto e maiores benefícios para si, particularmente, e para a humanidade de um modo geral.

Em muitos destes estágios o homem chegou a temer pelo esgotamento destes recursos, como é o caso do economista Jevons,<sup>120</sup> que, no século passado, chegou a prognosticar a exaustão do carvão na Inglaterra; no entanto, e graças aos avanços da tecnologia e o descobrimento de novas fontes e reservas adicionais de recursos energéticos, a humanidade sempre contornou o fantasma do déficit nesse campo. Na Tabela 17 vê-se as diferentes fontes de abastecimento do consumo que, sucessivamente, vão-se incorporando.

---

<sup>120</sup> Jevons, W. S. (1865, p. 272-88) afirma que diante de um consumo anual de carvão de 83,6 milhões de toneladas (1861), que cresce a uma taxa de 3,5% ao ano, e uma reserva total da Inglaterra de 83 bilhões de toneladas de carvão “... o nosso atual ambiente de progresso feliz é uma coisa de duração limitada...” (tradução pessoal).

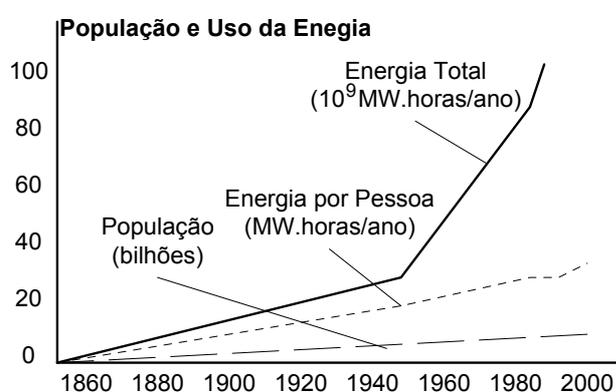
**Tabela 17: Evolução do consumo da energia primária (em milhões de toneladas de equivalente petróleo — Mtep)**

Anos	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Eletricidade	Madeira e Outros	Total	Taxa de Crescimento % aa
1700	3				144	147	—
1750	5				180	185	0,46
1800	11				217	228	0,42
1850	48				288	336	0,78
1900	506	20	7	1	429	963	2,13
1950	971	497	156	29	495	2.148	1,62
1973	1.563	2.688	989	131	670	6.041	4,60
1989	2.266	3.095	1.652	350	744	8.107	1,86

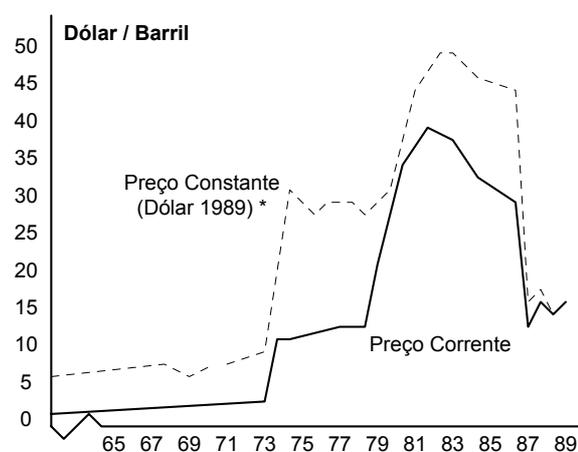
Fonte: Elaborado com base em Martin, Jean-Marie (1990, p. 42).

Este temor, do déficit no abastecimento da energia, vive latente hoje em dia no pensamento da população e dos intelectuais, especialmente depois dos choques no abastecimento do petróleo (1973, 1979 e 1983). Cohen (1995, p. 341), por exemplo, mostra taxas crescentes da demanda de energia, no período 1900-2000, em níveis similares aos de Jevons, como se pode ver no Gráfico 38, alheio ao fato de que o consumo da energia parou de crescer a partir do primeiro choque do petróleo (última coluna da Tabela 17) e mais ainda, que se passou a revalorizar outras fontes substitutas ao petróleo, como é o caso do carvão (primeira coluna da Tabela 17) e da energia nuclear (Tabela 21). Em todo caso, o abastecimento de petróleo se regularizou e seus preços mostram uma tendência regressiva, como se pode ver no Gráfico 39.

**Gráfico 38: Crescimento da população e uso da energia inanimada — Cohen, J. E.**



**Gráfico 39: Evolução dos preços do petróleo — Martin, J. M.**



\* Preço das importações mundiais deflacionado pelo índice de preço das exportações de produtos manufaturados dos países da OCDE.

Paralelamente, também pelo lado da produção e do consumo, a indústria em geral vai se aprimorando para que os equipamentos e moradias consumam cada vez

menos energia, por unidade de produto. Por exemplo, Martin J. M. (1990, p. 26-7) cita como a construção de casas e caldeiras na França requer cada vez menos energia para aquecimento dos lares.

Anos	Consumo médio residencial, para aquecimento, em toneladas equiv. petróleo-tep
1950	3,4
1970	2,4
1989	1,1

Igualmente cita o caso da indústria automobilística nos Estados Unidos, que mercê de novas tecnologias vem reduzindo o consumo médio de combustíveis dos veículos de sua fabricação.

Anos	Consumo médio de gasolina / veículo - litros / 100 quilômetros
Até 1970	20
1990	8
Previsto	3

Tudo isto demonstra como, até agora, o descobrimento e uso de novas fontes energéticas, assim como os aperfeiçoamentos tecnológicos, tornam infundados os temores de déficit absoluto no abastecimento da energia.

### **A oferta da energia**

A oferta de energia se sustenta no potencial de reservas existentes, seus custos e produção correspondentes. Na Tabela 18 vê-se como, no potencial de recursos energéticos, se destacam principalmente os recursos não renováveis, que conseguem manter quase os mesmos níveis, no período 1973-1989. Observa-se, igualmente, o grande peso que têm, neste potencial, as reservas de carvão. Entre os recursos renováveis destacam-se, por seu volume, as fontes geotermiais.

*Tabela 18: O potencial mundial de recursos energéticos (em bilhões de toneladas de equivalente petróleo - Gtep)*

Natureza	1973		1989		
	Reservas confirmadas	Reservas prováveis	Reservas confirmadas	Reservas prováveis	
<b>Não Renováveis:</b>					
Petróleo	80 - 90	250 - 360	100	200	
Petróleo não convenc.	97 - 120	280 - 500	100	100	
Carvão	91 - 1.540	770 - 3.360	600	4.400	
Gás Natural	29,2 - 41,3	77,4 - 292,4	100	300	
Urânio	0,9	1,3 - 3,2	30**	300**	
SUBTOTAL (sem Urânio)	297,2 - 1.791,3	1.377,4 - 4.512,4	900	5.000	
<b>Renováveis:</b>					
Biomassa			3	4	
Hidráulica			1,5	1,7	
Solar Térmico			}	0,17	
Solar Fotovoltaico				0,5	0,06
Eólico					0,026
Geotermal					880
SUBTOTAL			5	886	
TOTAL (sem urânio)			905	5.886	

\* em milhões de toneladas

\*\* em anos de consumo

Fonte: Elaborado com base em Pearce, D. W. (1976, p. 208) e Martin, J. M. (1990, p. 112-7).

Na Tabela 19, referente à produção mundial da energia, vê-se como a produção de petróleo, carvão e gás natural significa 88% da geração de energia primária no mundo inteiro, sinal do peso que os recursos não renováveis têm, ainda, no abastecimento da energia; contudo, comparando esta tabela com a anterior, deduz-se que em caso de emergência as reservas confirmadas de recursos renováveis poderiam suprir até 61% da produção total de energia.

*Tabela 19: Produção mundial de energia 1989 (milhões de toneladas de equivalente petróleo - Mtep)*

Fontes Primárias	Quantidade	%
Petróleo	3.200	39
Carvão	2.261	28
Gás Natural	1.658	20
Eletricidade	350	4
Biomassa e Outros	744	9
TOTAL	8.213	100

Fonte: Elaborado com base em Martin, J. M. (1990, p. 19).

Na Tabela 20, relativa aos custos da energia, observa-se como o custo CIF do petróleo, carvão e gás natural é decrescente, nessa ordem; observou-se igualmente na tabela anterior, que a produção de energia segue esta mesma ordem. Seria esta constatação um indicativo de que se prefere produzir aqueles combustíveis mais caros?

Uma explicação, no caso do petróleo, estaria nas particularidades deste combustível quando dedicado ao transporte, em geral, o qual mostra uma baixa relação peso/potência, pelo menos diante dos seus mais imediatos concorrentes. Outra explicação estaria nas facilidades e menor custo de seu transporte terrestre e marítimo, assim como na maior rapidez em todas as suas operações.

*Tabela 20: Custos da energia na Europa - dólar/tep*

Fontes	Custo produção	Transp. terrestre	Transp. marítimo	Refino	Distrib. estocagem	Total
Petróleo	37 - 44	—	7	22 - 33	37 - 59	103 - 142
Carvão	30 - 45	15 - 23	15	—	23	83 - 106
Gás Natural	40 - 48	—	20 - 72	—	16 - 56	76 - 176
Nuclear	75 - 150					
Geotérmica	225 - 450					
Biomassa	375 - 745					
Solar	600 - 895					

Fonte: Para o petróleo, carvão e gás usou-se o documento de Martin, J. M. (1990, p. 30), e para o restante, Araújo, N. W. (1988, p. 32), que, por sua vez, cita como sua fonte o Instituto Francês de Petróleo e o 13º Congresso Mundial da Energia, 1986. Quer dizer, todos estes custos estariam dados em preços França / Europa, sendo que os três primeiros em valores de 1990 e, os restantes, de 1986.

Da mesma forma, o elevado nível da produção do carvão se explicaria por sua grande reserva (Tabela 18) e pela fortíssima mecanização de sua exploração, principalmente nas minas a céu aberto, fatos que lhe permitem ser um concorrente do petróleo, especialmente depois da crise de 1973 (Tabela 17).

A menor produção do gás natural repousaria nas dificuldades e maiores custos de seu transporte, distribuição e estocagem (Tabela 20), e também na sua exploração economicamente competitiva, que só se justifica quando se processam altos volumes de gás natural, para gerar economias de escala.

Na estrutura de custos de petróleo, carvão e gás natural observam-se variações significativas, e admitindo um preço de venda único para cada um destes recursos tem-se que aceitar a existência de altos níveis de rendas diferenciais na exploração destes recursos.

Sobre os custos das outras fontes (na Tabela 20, os custos da energia nuclear, geotérmica, biomassa e solar), vê-se que são bastante elevados, o que justificaria serem elas consideradas não convencionais ou até exóticas para os padrões

atuais; de qualquer forma, tais fontes constituem uma reserva ou alternativa para as atuais ou futuras restrições na oferta de energia.<sup>121</sup>

Grande parte da oferta mundial da energia se expressa pela produção de eletricidade. Na Tabela 21 observa-se como grande parte da eletricidade origina-se de fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural, que justamente mostram os maiores custos, pelo menos comparados com as fontes renováveis como a hidráulica, que mostra custos bem mais baixos. Uma justificativa para esta contradição seria que hoje quase já não existe potencial para a energia hidroelétrica (Tabela 18). Outra explicação adviria do fato de que as fontes hidráulicas exigem investimentos iniciais maiores que as outras alternativas (Tabela 22), além da maior demora na obtenção de energia que delas provêm.

*Tabela 21: Produção e custos da eletricidade (mundo)*

Fontes	Produção 1989		Custos 1988 US\$ / tep, FOB
	Mtep	%	
<b>Primárias:</b>			
Hidráulica	155	18,4	140
Nuclear	144	17,1	266
Geotérmica	2	0,002	—
<b>Secundárias:</b>			
Carvão	326	38,6	225
Petróleo	104	12,3	371
Gás Natural	108	12,8	—

<sup>121</sup> A título de exemplo, pode ser citado o uso do álcool como combustível, empregado no Brasil, desde 1975, como uma alternativa às outras fontes energéticas, e que chegou a seu nível máximo no ano de 1987; nesse ano, a produção atingiu a 187.000 barris/dia (Ozires Silva, 1988, p. 96), chegando a representar, então, 50% do consumo interno de combustíveis para veículos. No entanto, seus altos custos (US\$ 298 tep, segundo FIESP/CIESP, 1988, p. XVII) originaram elevados prejuízos para a Petrobrás (Cz\$ 10 bilhões, até agosto de 1988, segundo Ozires Silva, 1988, p. 97), já que quando vendido ao público, o litro de álcool hidratado custava 31% menos que a gasolina (Ozires Silva, 1988, p. 101). Estas devem ter sido as razões para explicar a queda da produção de álcool combustível, no período 1988-1991, embora no biênio 1991-1992 se observe um ligeiro acréscimo (Kang Wu, 1995, p. 81). Recentemente, a Agência Internacional de Energia (AIE) tem reiterado este elevado custo do álcool - US\$ 45 dólares/barril - como fator negativo de sua viabilidade, recomendando o uso do acentuado potencial hidroelétrico do Brasil, que quase não é usado, embora reconhecendo os elevados investimentos iniciais que esta alternativa requer. (Alberto Tamer "AIE - prevê aumento do consumo de petróleo," *O Estado de São Paulo*, 25.04.95, p. B-12).

Outros	5	0,006	—
<b>TOTAL</b>	<b>844</b>	<b>100,0</b>	

Fontes: Para a produção da eletricidade usou-se o documento de Martin, J. M. (1990, p. 36) e, para os custos, o documento FIESP / CIESP (1988, p.xvii).

*Tabela 22: Investimentos iniciais para gerar eletricidade*

Fontes	Custos US\$ / kW
Hidráulica	2.500 - 4.000
Nuclear	1.500 - 2.500
Carvão	1.000 - 1.500
Petróleo e Gás	um pouco menor que o carvão

Fonte: Martin, J. M. (1990, p. 30).

## A demanda de energia

O volume da demanda de energia vai buscar explicação no tamanho, costumes e renda da população; igualmente, o consumo é influenciado pelas características da estrutura produtiva e, principalmente, pelos preços e disponibilidades da energia, em cada país ou localidade.

Em nível mundial, constata-se que a indústria é uma importante consumidora da energia (Tabela 23) e, em menor medida, os transportes e as outras atividades.<sup>122</sup>

*Tabela 23: A demanda mundial de energia, 1989 (milhões de toneladas de equivalente petróleo - Mtep)*

Setores	Quantidade Mtep	%
Indústria	2.025	33
Transporte	1.367	23
Residencial - terciário - agricultura	2.212	37
Usos não energéticos	414	7

<sup>122</sup> As diferenças entre a oferta e a demanda (Tabelas 19 e 23) podem ser explicadas, segundo o mesmo Martin J. M., pela venda de combustíveis líquidos para navios, variações de estoques e perdas de transporte e utilização.

TOTAL	6.018	100
-------	-------	-----

Fonte: Elaborado com base em Martin, J. M. (1990, p. 19).

Ao longo do tempo viu-se, já na Tabela 17, como o consumo da energia apresenta taxas crescentes no presente século, embora a partir de 1973 exista uma ligeira moderação nesta taxa. Paralelamente, no Gráfico 39, observa-se como o preço do principal combustível, o petróleo, tende a se estabilizar nos últimos anos. Com estas referências, poder-se-ia afirmar que daqui para a frente a demanda de combustíveis continuará a se incrementar, não tanto como afirma Cohen (Gráfico 38), porém a taxas crescentes. Esta última afirmação é reforçada quando se constata que grande parte da população mundial ainda registra baixos níveis per capita de consumo de energia, sendo de se esperar, entretanto, que buscará aumentar o seu consumo, como de fato é deduzido da Tabela 24.

*Tabela 24: Estrutura relativa de consumo de energia, por países, em %*

Ano	Países desenvolvidos OCDE	Ex-países socialistas	Países em desenvolvimento	Total
1950	75	17	8	100
1973	62	22	16	100
1987	50	24	26	100

Fonte: Elaborado com base em Martin, J. M. (1990, p. 43).

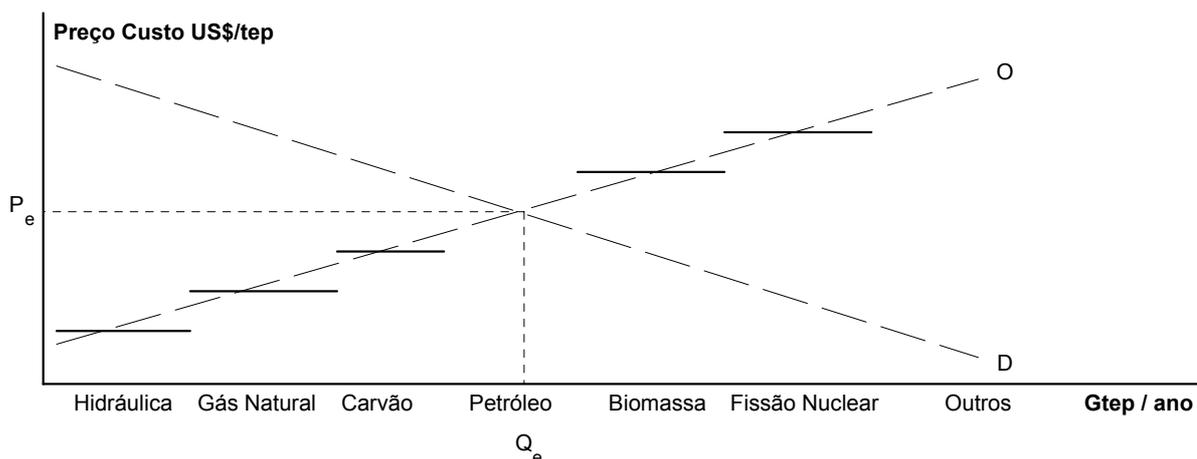
### **Como se determinam os preços da energia?**

Em princípio e desde que seja aceito a existência de um mercado amplo, integrado e concorrencial, seriam a interação da demanda e a oferta da energia que definiriam os preços e quantidades de equilíbrio, em cada lugar e tempo, para cada tipo de combustível.

Se a energia é medida em unidades de calor e a oferta e a demanda são assim quantificadas, então a curva da oferta seria a resultante das ofertas individuais das diferentes fontes vistas anteriormente, em proporção crescente ao seu custo marginal,

como hipoteticamente demonstra o Gráfico 40. Similarmente, a demanda por estes bens seria igual à somatória das disposições a pagar dos consumidores e da demanda derivada por estes insumos, pelo lado da produção.

Gráfico 40: Oferta e demanda da energia primária



Evidentemente, este esquema funciona parcialmente na realidade, já que está limitado pelas imperfeições do mercado — que de alguma forma já foram assinalados no item 5.6, quando se abordou o caso dos recursos mineiros e que são válidos também neste caso — e pelas características particulares de cada uma das fontes energéticas, resumidas nestas últimas páginas. Nesta linha do desenvolvimento do estudo, seria necessário considerar a existência de outros modelos de formação dos preços da energia?<sup>123</sup>

<sup>123</sup> Justamente Martin J. M. (1990, p. 74), citando a P.N. Giraud, indica para o caso do carvão "...desde 1977 ou 1978 os preços dos carvões são praticamente independentes, excetuando-se algumas influências conjunturais, dos preços do petróleo... Eles fluem entre limites que lhes são próprios, ou seja: um piso oferecido pelo custo das minas australianas menos onerosas (três quartos da produção), ou 40 dólares/t; um teto que corresponde ao custo das minas norte-americanas, ou 70 dólares/t...". Igualmente Martin J. M. (1990, p. 76) citando Percebois J., para o caso do gás natural, afirma: "... Os preços internacionais do gás natural, com efeito, são estritamente dependentes do preço do petróleo...". Finalmente, e tratando sobre o preço do petróleo, Martin J. M. (1990, p. 79) considera "... O preço do petróleo é determinado pelo preço de seus substitutos. Isso pode ser verdade a curto prazo, mas não a médio e longo prazos, pelo menos enquanto os derivados do petróleo tiverem outros usos além dos específicos (combustíveis). Em decorrência

Adicionalmente ao que foi considerado, é forçoso reconhecer que em cada mercado e em cada país as peculiaridades destes mercados e os interesses dos governos acabarão influenciando nas estruturas de preços e quantidades. Isto acontecerá principalmente porque em quase todos os países existe uma forte intervenção das políticas públicas neste campo. Esta intervenção pode se dar, tanto pela participação direta na produção, quanto pela política fiscal (impostos / subsídios) ou, ainda, pelo controle do comércio exterior.

### **Como estimar o valor econômico de uma fonte energética?**

Com base em todas as considerações anteriores, e observando as particularidades de cada caso, pode-se traçar um roteiro para calcular o valor econômico das fontes energéticas em geral.

No caso dos recursos não renováveis, o caminho a seguir seria quase igual ao esquema apresentado anteriormente para o caso dos recursos minerais, considerando-se, no entanto, as permutabilidades e rigidez existentes.

No caso dos recursos renováveis e, especificamente, na hipótese de uma localidade com potencialidades de energia hidroelétrica, o caminho a seguir seria este:

- 1º Estimar a demanda atual e futura da energia total do mercado correspondente e deduzir daí a parte relativa à energia hidráulica em geral e, por conseguinte, à planta em particular.
- 2º Calcular os custos necessários para viabilizar uma planta hidroelétrica que atenda o todo ou uma parte do déficit identificado no item anterior. Nestes custos estariam compreendidos os investimentos iniciais e as despesas de operação, tudo num horizonte de 20 anos, por exemplo.<sup>124</sup>
- 3º Do total da energia produzida deduz-se as perdas e sobras de praxe, para assim se ter um montante de energia a ser comercializado. O preço de venda desta energia

---

de sua flexibilidade... o filão petrolífero é o único que pode garantir o fechamento do balanço mundial. Finalizando, é exatamente o preço do petróleo que se impõe aos outros combustíveis...”.

<sup>124</sup> Os 20 anos são recomendados pela CEPAL (1958, p. 147).

poderia ser igual ao custo médio (Estados Unidos) ou igual ao custo marginal (França), ou como assinala Martin J. M.:

*“... A fim de que o fornecimento mais econômico para o consumidor também o seja para a coletividade nacional, os preços com base nos quais o usuário efetua suas escolhas devem refletir corretamente os custos que o fornecedor suportará para assegurar esse fornecimento suplementar... O custo desta... é denominado custo marginal de longo prazo. Ele permite a construção de tarifas, variáveis segundo as horas e as estações, que refletem as diferenças de custos ligadas ao caráter não estocável da eletricidade...”* Martin J. M. (1990, p. 40).

Estes preços devem estar em harmonia com seus substitutos imediatos e o preço de equilíbrio do mercado (Gráfico 40).

- 4º No caso em que o projeto exija a utilização / inutilização de terras de cultivo, pastagem ou florestais, ou outros recursos em geral, a renda capitalizada destes recursos sacrificados deve ser considerada como um custo de oportunidade para o projeto.
- 5º Com os dados dos quatro itens anteriores, proceder-se-ia à elaboração de um fluxo de caixa, com um horizonte de 20 anos, registrando-se receitas e despesas, para assim apurar o lucro líquido de cada ano.
- 6º Estes lucros líquidos anuais seriam descontados a partir do presente e, assim, este valor atual líquido seria equivalente ao valor da fonte em análise.

Para outras fontes de recursos não renováveis, como a energia da biomassa, por exemplo, além do raciocínio que se acaba de apresentar, deve-se ter presente os limites biológicos existentes e, para tanto, pode-se utilizar o raciocínio apresentado para os recursos florestais e recursos pesqueiros, em que se trata de ajustar o ótimo econômico ao ótimo biológico, para assim se ter um desenvolvimento sustentável.

## 6. CONCLUSÕES E EXTENSÕES

### 6.1. Conclusões gerais

1º - O tema recursos naturais tem tido pouco destaque na história das idéias econômicas. Esta afirmação pode ser comprovada não apenas pelo número reduzido, na literatura específica, de proposições que dêem realce à influência dos bens da Natureza na economia, mas, também, porque tais abordagens não são contínuas, sistemáticas e aprofundadas, ao contrário do que sucede em outros campos da ciência econômica.

O tratamento dispensado aos recursos naturais continua, atualmente, sendo marginal, fato salientado por um dos economistas mais renomados, Georgescu-Roegen, que afirma:

*“... os economistas modernos têm permanecido indiferentes às irresistíveis provas do papel preponderante que desempenham os recursos naturais na história da humanidade...”* (Georgescu-Roegen, 1975, p. 784) (tradução pessoal)

2º - Grande parte da literatura econômica sobre os recursos naturais surge nos últimos 30 anos, motivada tanto pelas preocupações com o meio-ambiente, quanto pelo receio do esgotamento de tais recursos. Estas motivações, entretanto, descuidam do estudo dos recursos naturais como fator e como insumo, no processo de consumo e da produção, bem como no referente aos fundamentos teóricos e práticos com vistas a determinar o valor, renda e preço dos recursos naturais.

A falta de consistência da teoria econômica em relação aos recursos naturais é ressaltada por J. M. Naredo, quando diz:

*“... Temos que ressaltar as dificuldades enfrentadas pelo aparelho conceitual da teoria econômica para tratar dos problemas fundamentais que apresentam os recursos naturais...”* (J. M. Naredo, 1987, p. 67) (tradução pessoal)

3º - Os recursos naturais, definidos como “... elementos da natureza que em seu estado natural são necessários para o homem e que tecnologicamente podem ser aproveitados...”, num ambiente de escassez real ou potencial, têm valor, e este valor pode ser avaliado tanto pelo poder de compra ou de troca que eles têm (A. Smith e J. B. Say),

quanto pela disposição a pagar (neoclássicos), ou ainda pelos rendimentos futuros que eles oferecem (A. Marshall); num mercado em equilíbrio, todos estes resultados devem ser iguais ou quase equivalentes.

Desde que sejam aceitos os recursos naturais como bens de capital (natural) da economia, a definição dada por J. Robinson coincide com a conclusão acima, guardados os horizontes correspondentes:

*“... Podemos avaliar os bens... em termos de seu valor expresso em alguma unidade de poder de compra, ou podemos avaliá-los de acordo com sua produtividade - isto é, em que quantidade de bens se transformarão no futuro, se o trabalho se fizer em combinação com eles... Em uma posição de equilíbrio todas as avaliações conduzem a resultados equivalentes...”* (J. Robinson, 1953, p. 36)

4º - Em equilíbrio, os preços e rendas dos recursos naturais são definidos de forma semelhante para todos os bens e fatores do conjunto da economia, com as diferenças a seguir:

- a) A curto prazo, as mudanças nos preços dos recursos naturais são função da demanda por eles existente, já que é de se presumir que sua oferta é fixa (M. Kalecki).
- b) Se a demanda é maior que a oferta, então os preços de equilíbrio serão maiores, gerando, assim, as “rendas de escassez” (A. Marshall), que podem se estender ao longo do tempo, caso não seja superada a restrição representada pela rigidez da oferta.
- c) Os recursos naturais apresentam diferentes graus de produtividade, pelos seus diferentes graus de fertilidade ou localização, e a economia buscará usar estes recursos até conseguir atender a demanda por eles existente; a unidade marginal incorporada, de menor produtividade, sinalizará o preço para o conjunto do mercado, beneficiando, assim, as outras unidades de maior produtividade e já incorporadas, que passam, deste modo, a ter “rendas diferenciais”. (D. Ricardo)

5º - Os recursos naturais, quando são bens comuns (livres) e participam no consumo e na produção, devem ter preços positivos, para que se consiga a eficiência correspondente; caso contrário, o uso indiscriminado e ilimitado deles originará ineficiências e/ou exaustão. A fixação destes preços, assim como os seus respectivos

controle e fiscalização, seriam de responsabilidade dos governos, em seus diferentes níveis. No caso de estes recursos serem de propriedade particular, ainda assim seria esperada a intervenção governamental, para conciliar as diferenças existentes, neste campo, entre o interesse privado e o interesse social. A política de preços deveria compreender um sistema de taxas, royalties, impostos e subsídios, que permitisse compensar o uso e evitar a exaustão destes recursos, suas externalidades e os retornos de escala, de cada caso. A aplicação desta política fiscal desde que aceita pelo conjunto da economia, e numa análise estática, redundaria num maior/menor aumento nos preços destes bens, assim como numa menor/maior quantidade extraída dos recursos naturais, favorecendo, assim, os anseios de conservação e racionalidade de seu uso.

Uma razão adicional para justificar a referida intervenção governamental reside no fato de que alguns recursos naturais renováveis (como água e floresta natural) podem ser tipificados como bens públicos e, em geral, no caso dos recursos não renováveis, os mecanismos do mercado têm dificuldades para identificar as expectativas das gerações futuras, pelo uso e conservação de tais recursos.

6º - Quando se considera um determinado horizonte de tempo, na extração dos recursos naturais, deve-se buscar maximizar o excedente do consumidor e o excedente do produtor, em função das disponibilidades destes recursos, de seus preços e dos custos previstos. No caso dos recursos não renováveis, os preços a serem cobrados por estes bens, em cada período de tempo, e até o esgotamento das reservas respectivas, devem ser iguais ao custo marginal, mais um adicional correspondente à renda de escassez destes bens; igualmente, no caso dos recursos renováveis aplica-se o mesmo raciocínio, só que as quantidades eficientemente definidas devem ser iguais ou menores que aqueles biologicamente sustentáveis para, assim, assegurar a sobrevivência da espécie e conseguir uma renda permanente ou perpétua por estes recursos.

7º - Em geral, a avaliação econômica de uma fonte de recursos naturais pode considerar, segundo o caso, as alternativas seguintes:

- a) A demanda derivada existente por eles, quando considerados como insumos ou fatores da produção.
- b) O valor atual líquido de todos os retornos futuros previstos, em razão da utilização destes recursos, seja como renda residual, royalties ou aluguéis líquidos.

- c) O maior retorno possível a se obter por estes recursos em períodos futuros, considerando-se que hoje o seu uso significa uma menor oferta no porvir e, como tal, maiores preços de oferta por eles.
- d) As rendas diferenciais a que os recursos naturais fazem jus, pelas vantagens particulares que eles possam oferecer, relativamente à média dos recursos similares no mercado.

## **6.2. Conclusões específicas**

1º - Com respaldo nas reflexões dos economistas e de outros profissionais que têm se dedicado ao estudo mais profundo e esclarecedor deste tema, e cujas obras foram motivo de referências no decorrer deste trabalho, pode-se afirmar que os recursos naturais, para serem considerados como tais, terão que reunir, simultaneamente, as seguintes características:

- a) Devem provir da Natureza
- b) Devem ser úteis
- c) Devem ser tecnicamente aproveitáveis

Estes bens, assim caracterizados, apresentam diferentes qualidades e quantidades, no tempo e no espaço.

2º - No que tange à escassez dos recursos naturais, assiste-se, hoje em dia, a um debate no mundo acadêmico, no qual se defrontam posições antagônicas, ou seja, de um lado, os estudiosos que consideram que tais recursos são abundantes ou, em todo o caso, que os avanços tecnológicos conseguirão superar as restrições que se interpõem à sua extinção ou à sua exaustão (Barnett & Morse, Nordhaus, Kay & Mirrless, Cairns, Brown etc.), de outro lado, perfilam aqueles que, ao contrário, afirmam que os recursos naturais são escassos e seus preços, nesse sentido, são crescentes (Meadows, Georgescu-Roegen, Slade, Hall & Hall etc.).

3º - Em princípio, pode-se afirmar que quando a exploração dos recursos naturais se desenvolve no âmbito da economia concorrencial os preços e quantidades de equilíbrio são menores/maiores, respectivamente, em relação a um cenário de economia monopolizada; isto quer dizer que quando os recursos naturais são responsabilidade de

monopólios existem maiores possibilidades de conservação dos mesmos, embora se reconheça que o benefício social total (soma do excedente do consumidor e do excedente do produtor) é maior no caso concorrencial. Ante esta posição, existem colocações contrárias, como a de Stiglitz (1976, p. 655-6) e a de Peterson & Fisher (1977, p. 695), que afirmam existir possibilidades de que os monopólios passem a ser menos conservacionistas que a economia concorrencial.

4º - Para definir a quantidade e a remuneração dos recursos naturais, quando considerados como fatores da produção, pode-se seguir quase o mesmo raciocínio aplicado ao trabalho e o capital, isto é, levar em consideração a demanda derivada existente pelos recursos naturais, assim como o valor da produtividade marginal correspondente, que sinalizaria a demanda. No caso da oferta, deve-se levar em conta que ela é rígida ou quase rígida.

5º - Sobre a renda dos recursos naturais, quando considerados como fatores ou fundos de produção, e sobre se ela deve ser inserida nos custos de produção correspondentes existe um longo debate na história do pensamento econômico que vem desde D. Ricardo e J. S. Mill, que advogam pela não inclusão desta renda nos custos, até a posição de W. S. Jevons, que considera a renda da terra na estrutura de custos e preços dos bens, na forma de um custo de oportunidade. Mais recentemente, Samuelson & Nordhaus aceitam a tese de que a renda não entra nos custos, quando se trata do conjunto da economia. Porém, para um produtor em particular, que tem que enfrentar essa despesa, a renda deve refletir parte dos custos de produção.

6º - Em geral, os recursos naturais que têm os atributos de serem raros, essenciais, sem substitutos viáveis e que têm custos elevados e crescentes de extração e transformação são bens que têm baixa elasticidade de oferta e/ou procura e, como tais, qualquer mudança na oferta ou demanda dos mesmos significa uma grande oscilação em seus preços correspondentes; por isso, diz-se que eles são valiosos (diamante, petróleo) e sempre existirá interesse por seu uso, mesmo que eles estejam nos lugares mais distantes e inacessíveis. Ao contrário, os recursos naturais que não têm tais atributos são bens de alta elasticidade de oferta e/ou procura, e têm preços baixos (materiais de construção e água, em alguns lugares).

7º - A avaliação econômica do solo, como fator de produção na agricultura, mereceu um grande número de esforços, ao longo de toda a história do pensamento econômico (desde Petty, em 1662), e quase todas estas tentativas repousam no Método

da Renda Capitalizada; todavia, os resultados obtidos, especialmente nos testes empíricos aplicados nos E. U. A., não são convincentes, visto que quase sempre se observa não existir correlação entre as rendas periódicas e o valor da terra. Uma explicação para este insucesso poderia estar no fato de que todos estes esforços consideram para fazer os testes empíricos, o conjunto das unidades agrícolas de uma região ou estado, esquecendo-se da existência das “rendas diferenciais” (diferenças na fertilidade e na localização).

8º - Para determinar o valor econômico do recurso água, tanto em seu uso consuntivo como não consuntivo, pode-se fazer estas afirmações:

**No caso do uso consuntivo:** o preço do recurso água seria resultado da oferta e da demanda por este bem em cada localidade e tempo, considerando-se, no caso da demanda, os usos domésticos, agrícola e industrial.

Especificamente, e nos casos do consumo:

- a) Doméstico: o valor da água pode ser deduzido, considerando-se como seus equivalentes:
  - . o tamanho do excedente do consumidor, correspondente a todos os que participam neste mercado.
  - . o custo de tratamento e recuperação das águas servidas.
- b) Agrícola: o valor da água pode ser dedutível, desde que se considere como seus equivalentes:
  - . o valor da produtividade marginal da água, quando utilizada para irrigação.
  - . o valor residual, depois de se deduzir todas as outras despesas, na exploração agrícola.
  - . a máxima receita líquida, obtida por programação linear.
- c) Industrial: pode-se deduzir o valor da água, desde que se tome como seu equivalente:
  - . o custo de tratamento e recuperação das águas servidas.

**No caso do uso não-consuntivo:** quando existem propósitos múltiplos no uso da água, que não necessariamente esgotem este recurso, a determinação do preço da água merece um tratamento quase igual dos bens públicos, já que nestes casos não

se aplica o princípio da rivalidade no consumo; no entanto, dadas as dificuldades para se fazer este tipo de cálculo, recorre-se a métodos indiretos, tais como:

- a) quando a água é utilizada como via de transporte. O valor da água pode ser deduzido como equivalente:
  - . à diferença nos fretes de transporte, entre a via aquática e seu concorrente imediato (geralmente as ferrovias).
- b) quando a água é utilizada para a geração de eletricidade. Torna-se possível a dedução de seu valor como equivalente:
  - . à diferença nos custos de geração de eletricidade, entre a fonte hidráulica e seu concorrente imediato (geralmente uma usina a carvão).

9º - Uma adequada avaliação econômica dos recursos florestais deve ponderar tanto as disponibilidades totais destes recursos como a proporção que, ecologicamente, é possível de ser extraída sem afetar as possibilidades de regeneração natural e tendo o cuidado de minimizar as externalidades negativas. É justamente a existência destas externalidades, aliadas a práticas inadequadas na exploração dos bosques e, em geral, o livre acesso a estes que permitem a afirmação de que os recursos florestais incluem-se na categoria de bens públicos. Na avaliação econômica dos bosques deve-se considerar, portanto, níveis de extração iguais ou inferiores àqueles níveis fixados como “máxima produção sustentável”. Para concretizar esta avaliação sugerem-se os métodos seguintes:

**O método do custo de substituição:** o valor de uma floresta nativa seria equivalente ao custo total de uma floresta cultivada.

**O método da produção sustentável:** da extensão total de florestas identificam-se as espécies e tipos de árvores cuja madeira estaria sujeita a possível exploração, calculando-se a proporção sadia desta extração como uma constante periódica ao longo do tempo. Esta constante periódica, avaliada por seu valor monetário correspondente, forneceria uma perpetuidade, cujo valor atual seria justamente o valor da reserva em análise.

10º - Para a avaliação econômica dos cenários naturais, que se destacam por sua beleza, flora e fauna ou como lugares de lazer, esportes e com muito espaço para recreação são oferecidas, em geral, as seguintes alternativas:

- a) **Valor de uso direto:** contabilizar os ganhos derivados da exploração de seus recursos naturais, como caça, pesca, madeira, turismo etc., desde que não afetem a integridade física da reserva nem as suas possibilidades de regeneração natural. Quando não é possível contabilizar diretamente os ganhos oferecidos por uma reserva natural, como fonte de recreação, pode-se utilizar alguns métodos indiretos, tais como:
- . Método do Custo de Viagem: calcular as diferenças nos custos de viagem entre a reserva em análise e uma concorrente imediata.
  - . Método Hedonístico: efetuar correlações entre preços implícitos e diferentes características ou facilidades das reservas.
  - . Método da Avaliação Contingente: realizar pesquisas, com base em questionários, sobre a disposição a pagar.
- b) **Valor de uso indireto:** deduz-se o valor com base em um balanço econômico das externalidades positivas, pela própria existência da reserva, e as externalidades negativas, derivadas do uso e esgotamento dos recursos naturais.
- c) **Valor de Opção:** o valor de um bem deriva de suas possibilidades de uso futuro.
- d) **Valor de existência:** o valor de um bem se sustenta na simples satisfação de se saber que o recurso existe, sem qualquer aspiração acerca de seu uso presente ou futuro.

11º - A avaliação econômica dos recursos pesqueiros requer o mesmo tratamento dispensado à avaliação dos recursos florestais, ou seja, o valor de uma reserva de peixes seria igual aos retornos líquidos futuros, devidamente descontados, desde que se tomem os cuidados correspondentes para assegurar que os montantes a se extrair não coloquem em risco a regeneração natural da biomassa em análise.

12º - Para a avaliação econômica dos recursos mineiros, pode-se utilizar o Método da Renda Capitalizada, tomando o cuidado de se organizar os níveis periódicos da produção, para cada unidade produtiva, de forma a atingir um extremo em que se igualem os retornos marginais entre todos os períodos, até que se esgote a reserva existente.

13º - No caso da avaliação dos recursos energéticos, pode-se recorrer ao mesmo procedimento assinalado para os recursos mineiros. É possível estabelecer-se o valor das localidades com potencial para gerar energia hidráulica seguindo os mesmos princípios do Método da Renda Capitalizada, com a inclusão, entre as despesas, dos

custos de oportunidade de todos os outros recursos naturais utilizados/inutilizados para/pela construção de barragem e represamento das águas.

Em relação às outras fontes energéticas renováveis, sua avaliação econômica deve cuidar de assegurar o equilíbrio econômico-biológico correspondente.

### **6.3. Extensões**

1º - Os recursos naturais deveriam merecer maior prioridade nos diferentes campos da análise econômica (consumo, produção, valor, renda, preço etc.); este tratamento prioritário deveria contemplar, por igual, tanto os recursos renováveis como os não renováveis.

2º - Existe uma série de itens no mundo da economia dos recursos naturais sobre os quais abundam indagações teóricas e, mais ainda, comprovações empíricas, como nos casos seguintes:

- a) como calcular, na prática, os impostos, subsídios, royalties e outros mecanismos de avaliação dos recursos naturais.
- b) como considerar os recursos naturais quando incorporados nos diferentes projetos de investimento e outras ações do dia-a-dia.
- c) como inventariar e contabilizar o patrimônio dos recursos naturais, na linha da contabilidade nacional, por exemplo.
- d) existe, ou não, o perigo de exaustão e escassez de alguns ou de todos os recursos naturais?
- e) na extração dos recursos naturais, existem rendimentos crescentes, constantes, decrescentes? Qual a política tributária correspondente?
- f) qual é a magnitude das externalidades, positivas ou negativas, na extração e aproveitamento dos recursos naturais? E quais os instrumentos de política econômica para seu incentivo/penalização?
- g) que tipo de organização é mais adequada para a melhor conservação dos recursos naturais? Um sistema de economia concorrencial, um sistema de monopólios ou outro ainda por definir?
- h) a renda dos recursos naturais, quando considerados como fatores ou fundos de produção, fazem parte ou não da estrutura de custos e preços?
- f) os recursos naturais são bens públicos?

- j) como levar à prática a “teoria do controle ótimo”, quando aplicadas aos recursos naturais?
- l) a propriedade dos recursos naturais deve ser pública, privada, comum, mista...?
- m) é preciso, finalmente, revisar os fundamentos teóricos e fazer testes empíricos de todos os métodos existentes para avaliar economicamente os recursos naturais, especialmente da demanda derivada e do custo de uso, entre outros.

Alguns destes itens são, atualmente, motivo de análise e debate no mundo acadêmico dos países desenvolvidos. Já seria tempo de se pensar na participação ativa e no acompanhamento, mais de perto, das demais nações, nos estudos e análises em torno de tão importante matéria.

3º - Dever-se-ia organizar instituições e/ou definir responsabilidades funcionais sobre a pesquisa, administração e gerenciamento dos recursos naturais. Estas instituições e responsabilidades deveriam ser fundamentalmente governamentais, devidamente complementadas e apoiadas pelas iniciativas privadas e pelas organizações internacionais correspondentes. Toda esta estrutura deveria atuar de forma integrada, sistemática e contínua, em prol do uso racional e da conservação dos recursos naturais.

4º As universidades em geral, e as faculdades de ciências econômicas em particular, têm uma grande responsabilidade nos aspectos institucionais que acabam de ser destacados, especialmente nos assuntos de pesquisa, docência e extensão universitária. Neste sentido, a Resolução do Conselho Federal de Educação (Resolução nº 11 de 26.06.1984), que regulamenta o conteúdo mínimo dos cursos de Ciências Econômicas no Brasil, e que compreende a disciplina “Economia dos Recursos Naturais” representa um ponto de partida, embora isto não haja conseguido ter tanta transcendência, entre outras razões, porque ele foi considerado no item “Materiais de Escolha”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, Yusuf J., EL SERAFY, Salah, LUTZ, Ernst. (1989). ***Environmental Accounting for Sustainable Development***. Washington DC: A UNEP-World Bank Symposium, 1989.
- ALSTON, Julian M. (1986). *An Analysis of Growth of US Farmland Prices, 1963-1982*. ***American Journal of Agricultural Economics***. vol. 68, nº 1, p. 1-9, February 1986.
- ANDERSON Thomas, BOJÖ, Jan. (1991). ***The Economic Value of Forests***. São Paulo: IEA-USP, 1991 (Coleção Documentos. Serie: Ciências Ambientais-9).
- ARAUJO, Ney Webster. (1988). O Carvão. In: FIESP/CIESP, DENERG. ***Seminário: Ano 2000, A Matriz Energética***. São Paulo, 1988, p. 19-34.
- ARMAS, Eduardo. (1981). ***Los Recursos Naturales del Peru***. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, ONERN, 1981.
- ASHEIM, Goir B. (1992). *Contestability in a Resource Market with Non-Convex Costs*. ***The Scandinavian Journal of Economics***. vol. 94, nº 4, p. 609-618, 1992.
- AZZONI, Carlos Roberto. (1982). *Evolução das Teorias de Localização da Atividade Econômica*. In: LONGO, Carlos Alberto, RIZZIERI, Juarez Alexandre Baldini, ***Economia Urbana***. São Paulo: IPE-FEA-USP, 1982, p. 70-74.
- BANCO MUNDIAL. (1980). ***La Energia en los Países en Desarrollo***. Washington DC: Banco Mundial, Agosto 1980.
- BARLOWE, Raleigh. (1958). ***Land Resource Economics***. New Jersey: Prentice Hall Inc., 1972.
- BARNETT, Harold J., MORSE, Chandler. (1963). ***Scarcity and Growth. The Economics of Natural Resource Availability***. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1963.
- BATOR, F. M. *The Anatomy of Market Failure*. ***The Quarterly Journal of Economics***. vol. 72, nº 3, p. 351-379, August 1958.
- BECKERMAN, Wilfred. (1971). *Environmental Policy and the Challenge to Economic Theory*. In: ***Political Economy of Environmental Problems of Method***. Paris: The Hague Mouton, 1972, p. 103-111.
- BÖHM-BAWERK, Eugen Von. (1889). ***Teoria Positiva do Capital***. São Paulo: Nova Cultural, 1986 (Coleção Os Economistas).
- BOSKIN, Michael J. et alii. (1985). *New Estimates of the Value of Federal Mineral Rights and Land*. ***The American Economic Review***. vol. 75, nº 5, p. 923-936, December 1985.
- BOSSON, Rex, VARON, Benson (1977). ***La Industria Minera y los Países en Desarrollo***. Madrid: Tecnos, 1978.
- BROWN, Geoff. (1994). ***Os Recursos Físicos da Terra. Bloco 1. Recursos, Economia e Geologia: Uma Introdução***. Campinas: Edit. Unicamp, 1994.
- BURT, Oscar R. (1986). *Econometric Modeling of the Capitalization Formula for Farmland Prices*. ***American Journal of Agricultural Economics***. vol. 68, nº 1, p. 10-26, February 1986.

- BUTLIN, John. (1975). *Optimal Depletion of a Replenishable Resource: An Evaluation of Recent Contributions to Fisheries Economics*. In: PEARCE, D. W., ROSE, J. ***The Economics of Natural Resource Depletion***. London: Macmillan Press, 1975, p. 85-114.
- CAIRNS, Robert D. (1992). *Exhaustible Resources Non-Convex Costs and Contestability. A Reply*. ***The Scandinavian Journal of Economics***. vol. 94, nº 4, p. 619-623, 1992.
- CAIRNS, Robert D. (1994). *On Gray's Rule and the Stylized Facts of Non-renewable Resources*. ***Journal of Economic Issues***. vol. 28, nº 3, p. 777-798, September 1994.
- CAMPBELL, Harry, SCOTT, Anthony. (1980). *Cost of Learning about the Environmental Damage of mining Projects*. ***The Economic Record***. vol. 56, nº 152, p. 36-53, March 1980.
- CEPAL. (1958). ***Manual de Proyectos de Desarrollo Económico***. México DF: Cepal/Aat, 1958.
- CIRIACY-WANTRUP, Siegfried V. (1952). ***Conservación de los Recursos: Economía y Política***. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1957.
- CHIANG, Alpha C. (1967). ***Métodos Fundamentales de Economía Matemática***. Buenos Aires: Amorrortu, 1971.
- CLARK, Colin W. (1976). ***Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources***. New York: John Wiley & Sons, 1976.
- COASE, Ronald. (1960). *The Problem of Social Cost*. ***Journal of Law and Economics***. nº 3, p. 1-44, October 1960.
- COHEN, Joel E. (1995). *Population Growth and Earth's Human Carrying Capacity*. ***Science***. vol. 269, p. 341-346, 21 July 1995.
- COMMON, Michael. (1988). ***Environmental and Resources Economics***. New York: Longman, 1992.
- CONRAD, Jon M., CLARK, Colin W. (1987). ***Natural Resource Economics***. Cambridge Mass.: Cambridge Univ. Press, 1991.
- COURNOT, Augustin. (1838). ***Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses***. 9a. édition. Paris: Marcel Riviere, 1938 (Coleção Des Économistes).
- CUNHA, Aécio S. (1988). *Economia dos Recursos Naturais: O Caso do Desmatamento na Amazonia*. In: BRANDÃO, Antonio Salazar (ed.). ***Os Principais Problemas da Agricultura Brasileira: Análise e Sugestões***. Rio de Janeiro: IPEA, 1988 (Série PNPE, 18), p. 181-239.
- DAVIDSON, Paul. (1963). *Public Policy Problems of the Domestic Crude Oil Industry*. ***The American Economic Review***. vol. 53, nº 1, Part. I, p. 85-108, March 1963.
- DEBREU, Gerard. (1959). ***Theory of Value***. New York: John Wiley & Sons, 1959.
- DESAIGUES, Brigitte, LESGARDS, Valérie. (1992). *L' évaluation Contingente des Actifs Naturels*. ***Revue d'Economie Politique***. vol. 102, nº 1, p. 100-122, Janvier/Février 1992.
- DESAIGUES, Brigitte, POINT, Patrick. (1990a). *Les Méthodes de Détermination d'indicateurs de Valeur Ayant la Dimension de Prix pour les Composantes du Patrimoine Naturel*. ***Revue Economique***. vol. 41, nº 2, p. 269-318, Mars 1990.

- DESAIGUES, Brigitte, POINT, Patrick (1990b). *L' économie du Patrimoine Naturel: Quelques Développements Recents*. **Revue d'Economie Politique**. vol. 100, nº 6, p. 707-785, Novembre/Décembre 1990.
- DORFMAN, Robert. (1969). *An Economic Interpretation of Optimal Control Theory*. **The American Economic Review**. vol. 59, nº 5, p. 817-831, December 1969.
- DYKES, Jeff C., PUERTAS, A. (1963). **Gran Enciclopedia del Mundo**. Bilbao: Durban Edic., 1963.
- EL SERAFY, Salah. (1989). *The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources*. In: AHMAD, Yusuf J. (eds.). **Environmental Accounting for Sustainable Development**. Washington DC: A UNEP-World Bank Symposium, 1989, p. 10-18.
- ESWARAN, Mukesh, LEWIS, Tracy R., HEAPS, Terry. (1983). *On the Non-existence of Market Equilibria in Exhaustible Resource Markets with Decreasing Costs*. **The Journal of Political Economy**. vol. 91, nº 1, p. 154-157, February 1983.
- FALK, Barry. (1991). *Formally Testing the Present Value Model of Farmland Prices*. **American Journal of Agricultural Economics**. vol. 73, p. 1-10, February 1991.
- FAO. (1992). **Marine Fisheries and the Law of the Sea: A Decade of Change**. Roma: FAO, 1992 (Doc. Circular N° 853).
- FARZIN, Y. H. (1990). *The Time Path of Scarcity Rent in the Theory of Exhaustible Resources*. **The Economic Journal**. vol. 102, nº 413, p. 813-830, July 1992.
- FELDSTEIN, Martin. (1980). *Inflation, Portfolio Choice and the Prices of Land and Corporate Stock*. **American Journal of Agricultural Economics**. vol. 62, nº 5, p. 910-916, December 1980.
- FELTRE, Ricardo. (1993). **Fundamentos da Química**. São Paulo: Editora Moderna, 1993.
- FERGUNSON, C. E. (1986). **Microeconomia**. 9a. Edição. Rio de Janeiro: Forense, 1986.
- FIESP/CIESP, DENERG. (1988). **Ano 2000. A Matriz Energética**. São Paulo: 1988.
- FISHER, Anthony. (1981). **Resource and Environmental Economics**. Cambridge Mass.: Cambridge Univ. Press, 1981.
- FISHER, Irving (1930). **A Teoria do Juro**. São Paulo: Nova Cultural, 1986 (Coleção Os Economistas).
- FREEMAN III, A. M. (1979). *Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues*. **The Scandinavian Journal of Economics**. vol. 81, nº 2, p. 154-173. 1979.
- FRIEDMAN, Milton. (1962). **Teoria dos Preços**. Rio de Janeiro: Apec Edit., 1971.
- GALVÃO FILHO, João Baptista. (1990). *Poluição do Ar*. In: MARGULIS, Sérgio (ed.). **Meio Ambiente. Aspectos Técnicos e Econômicos**. Brasília DF: IPEA, 1990, p. 35-55.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas (1968). *Utility*. In: **International Encyclopedia of the Social Sciences**. vol. 16, London: Macmillan Press, 1968, p. 236-266.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. (1971). **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge Mass: Harvard University Press, 1976.

- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. (1975). *Energia y Mitos Economicos. El Trimestre Económico*. vol. 42, nº 4, p. 779-836, Octubre/Diciembre 1975.
- GIANSANTE, Antonio Eduardo. (1994). *A Água como Bem Econômico*. São Paulo: Tese Doutorado Poli-USP, 1994.
- GIBBONS, Diana C. (1986). *The Economic Value of Water*. Washington DC: Johns Hopkins Univ., 1986.
- GLIGO, Nicolo. (1986). *La Elaboracion de Inventarios y Cuentas del Patrimonio Natural y Cultural. Revista de la Cepal*. nº 28, p. 165-180, Abril 1986.
- GLIGO, Nicolo. (1990). *Las Cuentas del Patrimonio Natural y el Desarrollo Sustentable. Revista de la Cepal*. nº 41, p. 123-137, Agosto 1990.
- GOLDEMBERG, José. (1979). *Energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos, 1979.
- GORDON, H. S. (1954). *The Economic Theory of a Common Property Resource: The Fishery. The Journal of Political Economy*. vol. 52, nº 1, p. 124-142, April 1954.
- GORDON, Richard L. (1967). *A Reinterpretation of the Pure Theory of Exhaustion. The Journal of Political Economy*. vol. 75, nº 3, p. 274-286, June 1967.
- GOSSEN, Hermann Heinrich. (1854). *The Laws of Humans Relations*. Cambridge Mass.: MIT Press, 1983.
- GRAY, Lewis Cecil. (1913). *The Economic Possibilities of Conservation. The Quarterly Journal of Economics*. vol. 27, nº. 3, p.497-519, May 1913.
- GRAY, Lewis Cecil (1914) *Rent under the Assumption of Exhaustibility. The Quarterly Journal of Economics*. vol. 28, p.466-489, May 1914.
- GREGORI, G. Robinson. (1972). *Forest Resource Economics*. New York: John Wiley & Sons, 1972.
- HALL, Darwin C., HALL, Jane V. (1984). *Concepts and Measures of Natural Resource Scarcity with a Summary of Recent Trends. Journal of Environmental Economics and Management*. nº 11, p. 363-379, 1984.
- HARRIS, Duane G. (1979). *Land Prices, Inflation and Farm Income: Discussion. American Journal of Agricultural Economics*. vol. 61, nº 5, p. 1105-1106, December 1979.
- HAYDEN, F. Gregory. (1991). *Instrumental Valuation Indicators for Natural Resources and Ecosystems. Journal of Economic Issues*. vol. 25, nº 4, p. 917-935, December 1991.
- HEAL, Geoffrey, BARROW, Michael (1980). *The Relationship between Interest Rates and Metal Prices Movements. Review of Economic Studies*. vol. 47, nº 146, p. 161-81. January, 1980.
- HENDERSON, H. D. (1922). *Las Leyes de la Oferta y la Demanda*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1940.
- HERFINDAHL, Orris C., KNEESE, Allen V. (1974). *Economic Theory of Natural Resources*. Ohio: Charles E. Merrill Publishing, 1974.

- HERSZTAJN MOLDAU, Juan. (1995). *Princípios Básicos Relativos à Determinação do Preço Econômico da Água*. In: FIPE. **Elaboração de Estudo para Implementação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: FIPE, 1995 (Relatórios de Pesquisa).
- HICKS, John Richard. (1939). **Valor e Capital**. São Paulo: Abril Cultural, 1984 (Coleção Os Economistas).
- HICKS, John R. (1943). *The Four Consumer's Surpluses*. **Review of Economic Studies**. vol. II, nº 1, 1943.
- HODGES, Carroll Ann. (1995). *Mineral Resources, Environmental Issues, and Land Use*. **Science**. vol. 268, nº 2, p. 1305-1312, June 1995.
- HOTELLING, Harold. (1931). *The Economics of Exhaustible Resources*. **The Journal of Political Economy**. vol. 39, nº. 2, p. 137-175, 1931.
- HOWE, Charles W. (1979). **Natural Resource Economics. Issues Analysis and Policy**. New York: John Wiley, 1979.
- IBGE-BRASIL, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1994). **Anuário Estatístico do Brasil 1994**. Rio de Janeiro: IBGE.
- INP-PERU, Instituto Nacional de Planificación (1980). **Análisis del Potencial Regional de Recursos Naturales en el Peru**. Tomo I, Lima: INP-DGPI-DAT, 1980 (Borrador de Trabajo).
- ISE, John. (1925). *The Theory of Value as Applied to Natural Resources*. **The American Economic Review**, vol. 15, p. 284-291, 1925.
- JEVONS, William Stanley. (1865). **The Coal Question**. 3a. edição rev. New York: Kelley, 1965.
- JEVONS, William Stanley. (1871). **A Teoria da Economia Política**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Coleção Os Economistas).
- JOHANSSON, Per-Olov. (1987). **The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits**. Cambridge Mass: Cambridge Univ. Press, 1994.
- KAFKA, Folke. (1981). **Teoria Económica**. Lima: Universidad del Pacífico, 1985.
- KALECKI, Michael. (1954). **Teoria da Dinâmica Econômica**. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- KAPP, K. William. (1950). **Los Costes Sociales de la Empresa Privada**. Barcelona: Oikos-Tau, 1966.
- KAPP, K. William. (1971a). *Environmental Disruption and Social Costs: A Challenge to Economics*. In: **Political Economy of Environmental. Problems of Method**. Paris: The Hague Mouton, 1972, p. 91-102.
- KAPP, K. William. (1971b). *Social Costs, Neo-classical Economics, Environmental Planning: A Reply*. In: **Political Economy of Environmental. Problems of Method**. Paris: The Hague Mouton, 1972, p. 113-122.
- KAY, John, MIRRLEES, James. (1975). *The Desirability of Natural Resource Depletion*. In: PEARCE, D. W., ROSE, J. **The Economics of Natural Resource Depletion**. London: Macmillan Press, 1975, p. 140-176.

- KEYNES, John Maynard. (1935). *A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda*. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- KEYNES, John Maynard. (1937). *The General Theory of Employment*. *The Quarterly Journal of Economics*. vol. 51, p. 209-237, February 1937.
- KIMMEL, Sheldon. (1984). *A Note on Extraction with Nonconvex Costs*. *The Journal of Political Economy*. vol. 92, nº 6, p. 1158-1167, December 1984.
- KRUTILLA, John V., FISHER, Anthony C. (1976). *The Economics of Natural Environments*. Baltimore: Johns Hopkins Univ., 1976.
- LANCASTER, Kelvin. (1968). *Mathematical Economics*. Second Print, New York: Macmillan Company, 1969.
- LANE, Kenneth F. (1988). *The Economic Definition of Ore*. London: Mining Journal Books, 1988.
- LECOMBER, Richard. (1979). *The Economics of Natural Resources*. London: Macmillan Press, 1979.
- LEON, Javier, SOTO, Raimundo. (1995). *Términos de Intercambio en la América Latina*. *El Trimestre Económico*. vol. 62(1), nº 246, p. 171-199, Abril/Junio 1995.
- LEVHARI, David, PINDYCK, Robert S. (1981). *The Pricing of Durable Exhaustible Resources*. *The Quarterly Journal of Economics*. vol. 96, nº 3, p. 365-377, August 1981.
- LEWIS, W. Arthur. (1949). *Overhead Costs. Some Essays in Economic Analysis*. London: George Allen, 1951.
- LUTZ, Frederich, LUTZ, Vera. (1951). *The Theory of Investment of the Firma*. Princeton: Princeton Univ. Press, 1951.
- MÄLER, Karl-Gorän (1974). *Environmental Economics. A Theoretical Inquiry*. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1974.
- MALTHUS, Thomas. (1789). *Ensaio sobre a População*. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- MARSHALL, Alfred. (1879). *Water as an Element of National Wealth*. In: PIGOU, A. C. *Memorials of Alfred Marshall*. New York: Kelley Publishers, 1966, p. 134-141.
- MARSHALL, Alfred. (1890). *Princípios de Economia*. São Paulo: Nova Cultura, 1982 (Coleção Os Economistas).
- MARTIN, Jean-Marie. (1990). *A Economia Mundial da Energia*. São Paulo: Edit. Unesp, 1992.
- MARX, Karl. (1867). *O Capital: Crítica da Economia Política*. vol. I, T 1, São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção os Economistas).
- MARX, Karl. (1867). *O Capital: Crítica da Economia Política*. vol. I, T 2, São Paulo: Abril Cultural, 1984 (Coleção os Economistas).
- MARX, Karl, ENGELS Federico. (1894). *O Capital: Crítica da Economia Política*. vol. III, T 1, São Paulo: Abril Cultural, 1984 (Coleção Os Economistas).
- MARX, Karl, ENGELS Federico. (1894). *O Capital: Crítica da Economia Política*. vol. III, T 2, São Paulo: Abril Cultural, 1985 (Coleção os Economistas).

- MEADOWS, Donella H. (1972). **Limites do Crescimento. Um Relatório para o Projeto do Clube de Roma...** São Paulo: Editora Perspectiva, 1973 (Coleção Debates).
- MELICHAR, Emanuel. (1979). *Capital Gains Versus Current Income, in the Farming Sector.* **American Journal of Agricultural Economics.** vol. 61, nº 5, p. 1085-1092, December 1979.
- MENGER, Carl. (1871). **Princípios de Economia Política.** São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- MESQUITA, Olinda Vianna. (1978). **O Modelo de Von Thunen. Uma Discussão.** Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado UFRJ, 1978.
- MIKESELL, Raymond F. (1989). *Depletable Resources Discounting and Intergenerational Equity.* **Resource Policy.** vol. 15, nº 4, p. 292-296, December 1989.
- MILL, John Stuart. (1848). **Princípios de Economia Política, com algumas de suas Aplicações à Filosofia Social.** São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- MILLER, Roger Leroy. (1978). **Microeconomia. Teoria, Questões e Aplicações.** São Paulo: McGraw Hill, 1981.
- MOAZZAMI, B., ANDERSON, F. J. *Modelling Natural Resource Scarcity Using the Error Correction Approach.* **Canadian Journal of Economics.** vol. 27, nº 4, p. 801-812, November 1994.
- MONCUR, James E. T., POLLOCK, Richard L. *Scarcity Rents for Water: A Valuation and Pricing Model.* **Land Economics.** vol. 64, nº 1, p. 62-72, February 1988.
- MOREHOUSE, E. W. (1935). *Land Valuation.* In: SELIGMAN, Edwin R. A. **Encyclopedia of the Social Sciences.** New York: Macmillan, vol. IX, p. 137-139, 1935.
- MOTTA, Ronaldo Sêroa da. (1992). **Some Comments on Depletion and Degradation Cost on Income Measurement.** Rio de Janeiro: IPEA, 1992.
- MOTTA, Ronaldo Serôa da. (1993). *Estimativas de Depreciação de Capital Natural no Brasil.* In: IPEA. **Perspectivas da Economia Brasileira 1994, vol. 1.** Rio de Janeiro: IPEA, 1993.
- MOTTA, Ronaldo Serôa da, et alii. (1992). **Perdas e Serviços Ambientais do Recurso Água para Uso Doméstico.** Brasília DF: IPEA, 1992 (Texto para Discussão nº 258).
- MOTTA, Ronaldo Serôa da, MAY, Peter Herman. (1992). **Less in Forest Resource Values Due to Agricultural Land Conversion in Brazil.** Brasília DF: IPEA, 1992 (Texto para Discussão nº 248).
- MOTTA, Ronaldo Serôa da, YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. (1991). *Recursos Naturais e Contabilidade Social: A Renda Sustentável da Extração Mineral no Brasil.* In: ANPEC. **19º Encontro Nacional de Economia 1991, Curitiba.** Brasília DF: Edit. Symposium, 1991, p. 235-252.
- MUELLER, Charles. (1991). **A Dimensão Ambiental no Sistema de Contas Nacionais.** Rio de Janeiro: FIBGE, 1991.
- MUELLER, Michael J. (1985). *Scarcity and Ricardian Rents for Crude Oil.* **Economic Inquiry.** vol. 23, nº 4, p. 703-724, October 1985.

- MUMY, Gene R. (1984). *Competitive Equilibria in Exhaustible Resource Markets with Decreasing Costs: A Comment*. **The Journal of Political Economy**. vol. 92, nº 6, p. 1168-1174, December 1984.
- MUNASINGUE, Mohan, LUTZ, Ernst. (1991). **Environmental-Economic Evaluation of Projects and Policies for Sustainable Development**. Washington DC: The World Bank, 1991.
- MUSGRAVE, Richard A., MUSGRAVE, Peggy B. (1973). **Finanças Públicas. Teoria e Prática**. São Paulo: Edit. Campus, 1980.
- NAPOLEONI, Claudio. (1956). **Diccionario de Economia Política**. Madrid: Edit. Castilla, 1962.
- NAPOLEONI, Claudio. (1970). **Smith, Ricardo, Marx**. 6a. edição. Rio de Janeiro: Graal, 1988.
- NAREDO, Jose Manuel. (1987). *¿Que pueden hacer los Economistas para ocuparse de los Recursos Naturales?* **Pensamiento Ibero-americano. Revista de Economia Política**. nº. 12, p. 61-74, Julio / Diciembre 1987.
- NONNENBERG, Marcelo (1995). *Vantagens Comparativas Reveladas, Custo Relativo de Fatores e Intensidade de Recursos Naturais: Resultados para o Brasil*. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. vol. 25, nº 2, p. 373-403, Agosto 1995.
- NORDHAUS, William D. (1974). *Resources as a Constraint on Growth*. **The American Economic Review**. vol. 64, nº 2, p. 22-26, May 1974.
- NORTON-GRIFFITHS, Michael, SOUTHEY, Clive. (1995). *The Opportunity Costs of Biodiversity Conservation in Kenya*. **Ecological Economics**. vol. 12, nº 2, p. 125-139, February 1995.
- PAEZ, Maria Lucia D'Apice. (1993). *Exploração de Recursos Pesqueiros no Brasil*. **Revista de Administração**. vol. 28, nº 4, p. 51-61, Outubro/Dezembro 1993.
- PANIGASSI, Maria Elena Fernandes. (1993). **Balanço da Oferta e da Demanda de Cobre no Brasil**. Campinas: Dissertação de Mestrado Unicamp, 1993.
- PARETO, Vilfred. (1909). **Manual de Economia Política**. São Paulo: Abril Cultural: 1984 (Coleção Os Economistas).
- PEARCE, David W. (1976). **Economia Ambiental**. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 1985.
- PEARCE, David W. (1987). *Valuing Natural Resources and the Implications for Land and Water Management*. **Resources Policy**. vol. 13, nº 4, p. 255-264, December 1987.
- PEARCE, David W., TURNER, R. K. (1990). **Economics of Natural Resources and the Environment**. London: Harvester Wheatsheaf, 1990.
- PETERSON, Frederick M., FISHER, Anthony C. (1977). *The Exploitation of Extractive Resources. A Survey*. **The Economic Journal**. vol. 87, nº 347, p. 681-721, December 1977.
- PETTY, William. (1662). **Tratado dos Impostos e Contribuições**. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- PINDYCK, Robert (1978). *Gains to Producers from the Cartelization of Exhaustible Resources*. **The Review of Economics and Statistics**. vol. 60, nº 2, p. 238-251, May 1978.
- PINDYCK, Robert S., RUBINFELD, Daniel L. (1991). **Microeconomia**. São Paulo: Makron, 1994.

- PONTRYAGIN, L. S. (1962). *The Mathematical Theory of Optimal Processes*. New York: John Wiley Int. Publis., 1962.
- QUESNAY, François. (1758). *Quadro Econômico dos Fisiocratas*. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- RANDALL, Alan. (1987). *Resource Economics. An Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy*. New York: John Wiley & Sons, 1987.
- RANDALL, Alan. (1994). *A Difficulty with the Travel Cost Method*. *Land Economics*. vol. 70, nº 1, p. 88-96, February 1994.
- REES, Judith. (1985). *Natural Resources. Allocation, Economics and Policy*. 2.ed. rev. aum. London: Routledge, 1990.
- REINSEL, Robert, REINSEL, Edward (1979). *The Economics of Asset Values and Current Income in Farming*. *American Journal of Agricultural Economics*. vol. 61, nº 5, p. 1093-1097, December 1979.
- RENNE, Roland R. (1947). *Land Economics*. New York: Harpes Brother Publishers, 1958.
- RICARDO, David. (1817). *Princípios de Economia Política e Tributação*. São Paulo: Abril Cultural, 1982 (Coleção Os Economistas).
- ROBINSON, Joan. (1953). *A Função de Produção e a Teoria do Capital*. In: HARCOURT, G. C., LAING, N. F. *Capital e Crescimento Econômico*. Rio de Janeiro: Interciência, 1978, p. 33-47.
- ROSEN, Sherwin. (1974). *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*. *Journal of Political Economy*. vol. 82, nº 1, p. 34-55, January/February 1974.
- SADORSKY, Perry A. (1991). *Measuring Resource Scarcity in Non-renewable Resource with an Application to Oil and Natural Gas in Alberta*. *Applied Economics*. 23 (5), p. 975-983, May 1991.
- SALIBA, Bonnie Colby, et alii. (1987). *Do Water Market Prices Appropriately Measure Water Values?* *Natural Resource Journal*. vol. 27(3), p. 617-651, Summer 1987.
- SALIBA, Bonnie Colby. (1989). *Estimating the Value of Water in Alternative Uses*. *Natural Resource Journal*. vol. 29(2), p. 511-527, Spring 1989.
- SAMUELSON, Paul Anthony. (1945). *Fundamentos da Análise Econômica*. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- SAMUELSON, Paul A. (1954). *The Pure Theory of Public Expenditure*. *The Review of Economics and Statistics*. vol. 36, nº 4, p. 387-389, November 1954.
- SAMUELSON, Paul A. (1976). *Economics of Forestry in an Evolving Society*. *Economic Inquiry*. vol. 14, nº 4, p. 466-492, December 1976.
- SAMUELSON, Paul, NORDHAUS, William D. (1988). *Economia*. 12a. edição. Lisboa: Mc Graw-Hill, 1988.
- SAY, Jean-Baptiste. (1803). *Tratado de Economia Política*. São Paulo: Nova Cultura, 1986 (Coleção Os Economistas).
- SCOTT, Anthony D. (1953). *Notes on User Cost*. *The Economic Journal*. vol. 63, nº 250, p. 368-384, June 1953.

- SCOTT, Anthony D. (1955). *The Fishery: The Objectives of Sole Ownership*. **The Journal of Political Economy**. vol. 63, nº 1, p. 116-124, February 1955.
- SERAGELDIN, Ismail. (1993). *Praticando o Desenvolvimento Sustentável*. **Finanças e Desenvolvimento**. vol. 13, nº 4, p. 6-10, Dezembro 1993.
- SHOW, E. Warren, BURTON, Robert H. (1972). **Microeconomics**. Lexington Mass.: Heath and Company, 1972.
- SILVA, Ozires. (1988). *Petróleo e Gás*. In: FIESP/CIESP, DENERG. **Seminário: Ano 2000. A Matriz Energética**. São Paulo, 1988, p. 81-105.
- SLADE, Margaret E. (1982). *Trends in Natural Resource Commodity Prices: An Analysis of the Time Domain*. **Journal of Environmental Economics and Management**. nº 9, p. 122-137, 1982.
- SMITH, Adam. (1776). **A Riqueza das Nações: Investigação sobre sua Natureza e suas Causas**. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- SOLOW, Robert. (1974). *La Economía de los Recursos o los Recursos de la Economía*. **El Trimestre Económico**. vol. 42, nº. 166, p.377-397, Abril / Junio 1975.
- STEEDMAN, Ian. (1989). *Free Goods*. In: EATWELL, John (ed.). **General Equilibrium**. London: Macmillan Press, 1989, p. 158-161.
- STIGLER, George J. (1966). **A Teoria do Preço**. São Paulo: Atlas, 1968.
- STIGLITZ, Joseph E. (1976). *Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources*. **The American Economic Review**. vol. 66, nº 4, p. 655-661, September 1976.
- STOLLERY, Kenneth R. (1983). *Mineral Depletion with Cost as the Extraction Limit: A Model Applied to the Behavior of Prices in the Nickel Industry*. **Journal of Environmental Economics and Management**. nº 10, p. 151-165, 1983.
- STRAUSS, Estevan. (1969). **Metodología de Evaluación de los Recursos Naturales**. Santiago de Chile: ILPES, 1969 (Cuadernos ILPES, Serie II, nº 4).
- SWIERZBINSKI, Joseph E., MENDELSON, Robert. (1989). *Exploration and Exhaustible Resources: The Microfoundations of Aggregate Models*. **International Economic Review**. vol. 30, nº 1, p. 175-186, February 1989.
- TANZI, Vito. (1980). *Inflationary Expectations, Economic Activity, Taxes and Interest Rates*. **The American Economic Review**. vol. 70, nº 1, p. 12-21, March 1980.
- VINER, Jacob. (1931). *Curvas de costes e curvas de ofertas*. In: STIGLER, G. J.; BOULDIN, K. E. **Ensayos sobre la Teoría de los precios**. Madrid: Aguilar, 1960, p.180-211.
- WALRAS, Marie-Esprit Leon. (1874). **Elementos de Economía Política Pura**. São Paulo: Abril Cultural, 1983 (Coleção Os Economistas).
- WATSON, Donald S., HOLMAN, Mary A. (1977). **Microeconomia**. São Paulo: Saraiva, 1979.
- WEBER, Jean E. (1967). **Matemática para Economia e Administração**. 2a. edição. São Paulo: Harbra, 1986.
- WEISBROD, Burton A. (1964). *Collective-Consumption Services of Individual-Consumption Goods*. **The Quarterly Journal of Economics**. nº 78, p. 471-477, August 1964.

WICKSELL, Knut. (1911). *Lecciones de Economía Política*. Madrid: Aguilar, 1947.

WU, Kang. (1995). *Energy in Latin America*. Connecticut Mass.: Praeger Publishers, 1995.