

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS, DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL E TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA  
APLICAÇÃO PARA O BRASIL.**

**Lívio Luiz Soares de Oliveira**

**Porto Alegre  
2004**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS, DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL E TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA  
APLICAÇÃO PARA O BRASIL.**

**Lívio Luiz Soares de Oliveira  
Orientador: Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Júnior**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Economia da  
Faculdade de Ciências Econômicas da  
Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Mestre em  
Economia.**

**Porto Alegre  
2004**

## Agradecimentos

Toda colheita é resultado de uma prévia sementeira. E toda sementeira com sua respectiva colheita envolvem mais do que o labor isolado, o conhecimento e a dedicação do sementeiro. É mister que além destes fatores, para uma sementeira e colheita exitosas, cooperem outras pessoas e coopere a Natureza fornecendo luz, calor, ar, água e nutrientes na medida necessária. Portanto, esta dissertação não teria sido possível sem o auxílio de um conjunto de pessoas, fatos e circunstâncias muito especiais que cooperaram para a concretização bem-sucedida deste projeto. Assim quero elencar, a seguir, uma série de agradecimentos:

Ao Supremo Logos Absoluto, Fonte Infinita de Energia Renovável que a tudo e a todos sustenta nos Universos que existiram, existem e existirão, quer visíveis ou invisíveis. Ele é a *prima causa*, o *leitmotiv* da minha existência e da conclusão deste trabalho;

Aos meus pais, fonte de motivação constante, Luiz Antônio de Oliveira e Lenice Soares de Oliveira, dedico meu afeto, apreço e respeito filiais. A vocês sou muito grato pelo carinho, confiança e dedicação a mim dispensados durante todos esses anos. Uma palavra de gratidão aos meus irmãos Lúcio e Júnior e aos demais parentes e familiares;

À sociedade brasileira que, por meio da CAPES, financiou o investimento em mim realizado até agora. Este trabalho é apenas um retorno inicial de um fluxo positivo de retornos que virão;

Ao meu orientador, professor Sabino da Silva Porto Júnior pela paciência, conselhos e confiança dos quais fui partícipe. A ele minha estima e respeito, extensivos aos coordenadores do PPGE, professores Eduardo Pontual Ribeiro - a quem agradeço as sugestões valiosas, indicadas em seu parecer, para revisão final de minha dissertação - e Fernando Ferrari Filho; aos professores Stefano Florissi e José Lamartine Júnior também agradeço pelas sugestões apresentadas em seus respectivos pareceres, aos professores Gentil Corazza, Giacomino Balbinotto Neto, Eduardo Maldonado Filho, Jorge Paulo Araújo, bem como aos demais professores do PPGE;

Aos amigos e colegas do PPGE. Gostaria de citar todos, mas não vou fazê-lo. Explicarei o motivo socorrendo-me de uma metáfora estatístico-matemática, bem como de conceitos do desenvolvimento sustentável, um dos temas de que trata esta dissertação. O conjunto de meus amigos e colegas é relativamente grande. O espaço amostral  $S$  relacionado ao experimento de citá-los nominalmente aqui é representado

por  $S = \{\text{esquecer pelo menos um nome, lembrar todos os nomes}\}$ , onde o evento  $A = \text{esquecer pelo menos um nome}$  tem probabilidade próxima da unidade, isto é,  $P(A) \approx 1$ . Um evento quase certo. Como uma das minhas metas é maximizar uma função-objetivo que apresente retornos crescentes para a produtividade marginal da amizade, irei me abster de colocar restrições desnecessárias sobre tal função, caso esqueça pelo um nome. Além disso, caso citasse todos os nomes de que eu me lembrasse, isso iria consumir uma quantidade adicional de papel, toner, energia elétrica e um pouco mais de depreciação de equipamentos. Se o conceito de sustentabilidade forte estiver correto é recomendável conservar tais recursos. Além disso, na minha lembrança habitam, com segurança, todos os meus amigos e colegas, o que é mais importante. Mas fiquem tranquilos porque não precisarão pagar aluguel por isso, já que este é subsidiado integralmente pela consideração que tenho por todos vocês. A ortodoxia econômica vê com desconfiança quase todos os subsídios. Mas creio que aquele é um subsídio que vale a pena. Assim, nenhum de vocês precisa se preocupar por apresentar a condição de *free-rider* da amizade alheia;

Às secretárias do PPGE: Iara, Cláudia, Lourdes e Raquel, bem como à Aline, pelo suporte ao longo do curso. Se algum colega de curso tiver dificuldade de entender o conceito de eficiência econômica de Pareto, a tão celebrada (por nós economistas, é claro) condição de otimalidade paretiana, eu recomendo observar o trabalho delas *in loco*, pois isso tornará mais fácil a assimilação daquele conceito;

Ao pessoal da biblioteca pelos serviços prestados;

Ao pessoal da copiadora da Faculdade pela presteza e cordialidade no atendimento;

Ao pessoal da portaria: João, Antônio, Rangel e Leandro, pelo apoio e compreensão quando precisava sair um pouco mais tarde do prédio da Faculdade devido à preparação da dissertação. Eles parecem compreender implicitamente que a construção da Ciência requer mais do que obediência a rígidos e tradicionais esquemas fordistas-tayloristas de produção, no que se refere à questão de horários.

## Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>1 – Economia dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável....</b>	<b>13</b>
1. 1 Gênese e evolução do conceito de desenvolvimento sustentável.....	16
1.1.1 Sustentabilidade Fraca.....	23
1.1.2. Sustentabilidade Forte .....	27
1.2 Impactos ambientais do desenvolvimento tradicional e o desenvolvimento sustentável .....	31
1.3.O desenvolvimento sustentável e a globalização .....	35
1.4.Curva de Kuznets Ambiental (CKA) e o desenvolvimento sustentável.....	38
1.5.Arranjos institucionais, resultados das trocas sociais e sustentabilidade .....	41
1.5.1. Free-riders, Teoria dos Jogos e sustentabilidade.....	44
<b>2 – Economia dos recursos naturais, teoria do crescimento econômico e desenvolvimento sustentável .....</b>	<b>48</b>
2.1.O Modelo de crescimento econômico de Solow .....	52
2.1.2 - O modelo de crescimento neoclássico tradicional e as opções de política econômica.....	57
2.2 O modelo de crescimento de Solow ampliado: a incorporação dos recursos naturais escassos .....	60
2.2.1 O modelo de crescimento de Solow ampliado: ausência de crescimento populacional e de progresso tecnológico.....	63
2.2.2 O modelo de crescimento de Solow ampliado: crescimento exponencial da população com recursos naturais escassos e sem progresso tecnológico.....	65
2.2.3 O modelo de crescimento de Solow ampliado: ausência de crescimento populacional com progresso tecnológico ilimitado .....	66
2.3 Teoria do Crescimento Endógeno: O desenvolvimento sustentável na abordagem tradicional AK e na abordagem schumpeteriana.....	68
2.3.1 Crescimento ótimo nas abordagens AK e schumpeteriana .....	69
2.3.1.1.O modelo padrão AK.....	70
2.3.1.2.A abordagem schumpeteriana .....	70
2.3.2. A abordagem do desenvolvimento sustentável nos modelos AK tradicionais e nos modelos schumpeterianos .....	72
2.3.2.1. A abordagem AK para poluição .....	72
2.3.2.2. A abordagem schumpeteriana para poluição.....	75
2.3.2.3. A abordagem AK para recursos não-renováveis .....	78
2.3.2.4. A abordagem schumpeteriana para recursos não-renováveis.....	79
<b>3 - Estoque de capital natural e crescimento econômico .....</b>	<b>82</b>
3.1. Metodologia e resultados.....	88
<b>Considerações Finais.....</b>	<b>95</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>103</b>

## Lista de Figuras e Gráficos

Figura 1.1 As duas visões sobre o desenvolvimento sustentável.....	20
Figura 1.2 Desenvolvimento sustentável e tecnologias de produção.....	21
Figura 2.1 O processo de crescimento econômico segundo Solow.....	56
Gráfico 3.1 Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da superfície agrícola total.....	93
Gráfico 3.2 Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da superfície agrícola utilizada.....	93
Gráfico 3.3 Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da superfície agrícola permanente.....	94
Gráfico 3.4 Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da superfície agrícola temporária.....	94

## Lista de Tabelas

Tabela 1.1 Dilema dos Prisioneiros: Conservação ou degradação dos recursos naturais.....	45
Tabela 3.1 Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos fixos.....	90
Tabela 3.2 Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos aleatórios.....	90
Tabela 3.3 Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos fixos(sem <i>leverage point</i> ).....	95
Tabela 3.4 Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos aleatórios(sem <i>leverage point</i> ).....	95

## Resumo

Este trabalho tem como meta uma exposição sucinta sobre as relações entre economia e meio ambiente, que foram, durante muito tempo, ignoradas ou relegadas a um plano secundário pela grande maioria dos economistas. Essas relações passaram a ser melhor investigadas após os choques do petróleo na década de 70, que mudaram radicalmente o enfoque sobre o binômio economia-meio ambiente, contribuindo também para essa mudança os efeitos cada vez mais visíveis causados pela poluição desenfreada do planeta. Discute-se também sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, bem como sobre sua evolução ao longo do tempo e as duas visões concorrentes sobre essa questão, além de abordar, resumidamente, a qualidade ambiental e os recursos naturais de propriedade comum como bens públicos. O trabalho também traça um paralelo entre os modelos de crescimento neoclássicos e os modelos de crescimento endógeno, no que se refere à incorporação de variáveis ambientais, como poluição, energia e recursos naturais. Como contribuição empírica para a conexão entre capital natural e crescimento econômico, procuramos estimar a relação entre estoque de terras, empregado como *proxy* para o capital natural, e o crescimento da renda per capita para as unidades federativas brasileiras, a partir de 1970, por meio de uma relação cúbica empregando dados de painel. Verificamos que, quando se consideram, para o cálculo do índice de expansão agrícola, os dados referentes à área agrícola utilizada, que é a soma da área agrícola permanente mais a área agrícola temporária, o modelo empregado é significativo e bem especificado. Neste caso, constatamos um padrão de “explosão e quebra” do processo de crescimento econômico associado à expansão da lavoura agrícola das unidades federativas brasileiras.

**Palavras chave:** meio ambiente, desenvolvimento sustentável, capital natural.

## Abstract

This work shows, briefly, the relations between environment and economy, as well as your evolution along of the time. These relations were, for most the economists, during a long time, refused to secondary plan. But the shocks of oil in 1970's changed this approach over economy and environment, contributing for this change the effects originated for the pollution of the planet. We also shall discuss the concept of sustainable development, as well as your evolution and the two vision over this question, beyond the environmental quality and natural resources of unrestricted open access as public goods. Will also be showed the embodied of the environmental assets in models of economic growth, both neoclassics as endogenous. We estimate, as empirical contribution, the relation between per capita growth and lands, employed as proxy to the natural capital, for the Brazilian states and the federal district, since 1970. We verify that, when is considered, for the calculation of the index of agricultural expansion, the data regarding to the used agricultural area, that is the sum of the permanent agricultural area plus the temporary agricultural area, the employed model is significant and correctly specified. In this case, we evidence one "boom and boost" pattern of the process of economic growth associated to the expansion of the agricultural farming of the Brazilian federative units.

**Key words:** environment, sustentable development, natural capital

## Introdução

Durante séculos, o meio ambiente foi visto apenas como fonte supridora de matérias-primas para a produção e depositário direto dos subprodutos inaproveitáveis das atividades econômicas. Por trás desse pensamento, havia a impressão de que os recursos naturais seriam inesgotáveis e de que o crescimento econômico poderia continuar indefinidamente, sem maiores preocupações com o estoque desses recursos. O meio ambiente, nas discussões econômicas, invariavelmente, salvo raras exceções, era deixado em plano secundário, ou simplesmente negligenciado, exceto no que dizia respeito ao seu papel de fornecedor de insumos ao processo produtivo.

Felizmente, essa situação mudou. A Economia do Meio Ambiente, mais precisamente a literatura do desenvolvimento sustentável, veio alterar essa correlação de forças anteriormente desfavorável ao manejo sustentável dos recursos naturais, introduzindo no debate sobre economia e meio ambiente, por meio de um corte epistemológico apropriado, questões pertinentes aos impactos da atividade econômica sobre os ecossistemas, que não mais poderiam ser negligenciadas como no passado, sob pena de se comprometer, de maneira irremediável, a própria viabilidade da vida na Terra.

A literatura do desenvolvimento sustentável é relativamente recente. Ela evoluiu a partir da preocupação da sociedade com o fato de que os recursos naturais são finitos e, em grande parte, não-renováveis. Um dos pioneiros da pesquisa sobre a sustentabilidade do manejo dos recursos naturais foi Harold Hotelling, que publicou um trabalho seminal em 1931, *The Economics of Exhaustible Resources*, onde empregou um ferramental matemático avançado para sua época, o cálculo das variações, para analisar a política ótima de extração de recursos naturais.

A preocupação com o uso ótimo dos recursos naturais e com a preservação da qualidade ambiental acentuou-se, principalmente, em decorrência dos choques do petróleo verificados na década de 1970, que causaram graves turbulências econômicas em praticamente todos os países, dentre as quais recessão, inflação e desemprego em larga escala, o que ficou conhecido como estagflação. Antes visto como um insumo energético abundante e inesgotável, de baixo custo de extração, o encarecimento abrupto do petróleo, com seus efeitos adversos, fez com que a humanidade refletisse mais profundamente sobre o tipo de modelo de desenvolvimento econômico que estava

adotando, e questionasse as premissas sobre as quais este estava assentado. Nesse contexto, a elaboração de um modelo de desenvolvimento sustentável representou uma postura sinalizadora de mudança relativa ao paradigma científico vigente, calcado na pressuposição da inescotabilidade dos recursos naturais.

Dentre os objetivos específicos deste trabalho está o de discutir, de modo sucinto, as limitações dos modelos de desenvolvimento que excluem a questão ambiental e a otimização do uso dos recursos naturais. Se, num passado não muito distante, a Ciência Econômica relegava a questão ambiental a um plano secundário, atualmente, diante dos efeitos negativos, cada vez mais visíveis, causados por determinadas atividades econômicas ao meio ambiente, essa perspectiva não é mais aceita, por ter se revelado não percuciente e inviável. Assim, o trabalho pretende também discutir a importância da inclusão de variáveis ambientais como dimensão importante dos modelos de crescimento econômico.

Considerando o meio ambiente como fator condicionante do crescimento econômico, procuraremos também averiguar empiricamente as relações entre o estoque de um recurso natural abundante no Brasil, no caso a dotação de terras, e o crescimento econômico para as unidades federativas brasileiras.

O trabalho está estruturado como segue: no primeiro capítulo faremos uma breve digressão sobre as relações historicamente postas em uma condição de ambivalência entre economia e meio ambiente, destacando como se deu o surgimento da preocupação com a escassez dos recursos naturais e a incorporação destes nos modelos de crescimento econômico. Neste capítulo também faremos uma revisão sucinta da literatura sobre o desenvolvimento sustentável, destacando como se processou o surgimento, a evolução e a incorporação desse conceito nas discussões sobre as interações entre a economia e o meio ambiente. Tal fato permitiu que se fizesse, no decorrer do tempo, uma transição de uma postura que considerava essas duas áreas como se fossem antagônicas para a atual perspectiva, a qual procura analisá-las de modo integrado, considerando-as interdependentes. Abordaremos ainda, neste capítulo, de forma resumida, as duas visões alternativas sobre desenvolvimento sustentável; os impactos ambientais do desenvolvimento tradicional; relações entre o desenvolvimento sustentável e a globalização; arranjos institucionais, resultados das trocas sociais e sustentabilidade.

No segundo capítulo faremos uma breve revisão da teoria do crescimento econômico e dos modelos de crescimento econômico com variáveis ambientais.

Faremos uma revisão, de modo sucinto, do modelo de crescimento de Solow original, que adota a hipótese de não-escassez dos recursos naturais, e as implicações desse modelo decorrentes para a política econômica, o que inclui necessariamente o papel do governo, embora essa questão não seja analisada formalmente pelos modelos de crescimento neoclássicos. Aborda-se também o modelo de Solow ampliado, que incorpora em seu arcabouço teórico os recursos naturais como fator produtivo, onde são discutidas analiticamente as implicações das diversas dinâmicas possíveis dos três fatores de produção envolvidos nesse modelo, que são o estoque de capital, a oferta de mão-de-obra e o fluxo de recursos naturais, no que se refere às possibilidades das trajetórias intertemporais de crescimento da economia. Por fim, neste capítulo, discutiremos também, de modo sucinto, sobre os modelos AK e os modelos schumpeterianos de crescimento endógeno que incorporam recursos naturais e poluição, onde se discute as vantagens destes em relação aos modelos AK na incorporação de variáveis ambientais.

Finalmente, no terceiro capítulo abordaremos a conexão entre estoque de recursos naturais e crescimento econômico, onde estimamos uma relação entre o crescimento da renda per capita das unidades federativas brasileiras (estados e distrito federal) e um índice de expansão agrícola. Neste capítulo, tentamos comprovar empiricamente a teoria do “Mal Holandês”, de explosão e quebra do padrão de crescimento da renda per capita de um país em decorrência de uma descoberta de recursos naturais ou de alteração relativa nos preços dos mesmos. Essa teoria procura avaliar analiticamente como se comporta a trajetória intertemporal de crescimento de uma economia pela transferência de fatores alocados na produção de bens *tradables* para bens *non-tradables*, que é um processo de ajustamento que ocorre após o *boom* de recursos naturais. Neste trabalho, fazemos a aplicação de uma regressão cúbica, a mais adequada para detectar a ocorrência de explosão e quebra, procurando avaliar a relação entre a expansão da área agrícola das unidades federativas e a evolução de suas rendas per capita ao longo do tempo. A renda per capita é a variável endógena. A vantagem de usar a área agrícola é dupla: o fato de a mesma se constituir numa *proxy* adequada para o estoque de capital natural e a disponibilidade de dados.

## 1 – ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Quando da sua constituição como ciência, com objeto de estudo definido, a Economia não estava imbuída de uma visão crítica, no que concerne à clareza e à amplitude, quanto aos efeitos que as atividades econômicas teriam sobre o meio ambiente. A preocupação central, pelo menos entre a maioria dos pensadores da chamada Economia Clássica, estava centrada na busca do aumento da riqueza nacional, por meio do crescimento da produtividade e, conseqüentemente, da produção. O objetivo principal de economistas clássicos como Adam Smith, em seus trabalhos teóricos, era a obtenção da eficiência econômica, com a mobilização ótima dos fatores de produção, na busca de vantagens comparativas. Na sua mais importante obra, *A Riqueza das Nações*, de 1776, Smith afirmou que o crescimento econômico de uma nação seria decorrente do seu grau de divisão do trabalho, da acumulação de capital e do progresso tecnológico. Quanto mais uma economia se especializasse, maior seria o seu crescimento. Para demonstrar essa premissa, Smith citou a sua famosa referência da fábrica de alfinetes, onde um operário, realizando todas as etapas de produção do alfinete, não produziria mais que umas poucas unidades diárias. No entanto, se as diversas etapas de produção dos alfinetes fossem atribuídas, separadamente, a diferentes operários especializados, a produtividade aumentaria de forma exponencial.

Adam Smith considerou que, embora fosse possível reunir de forma eficiente os fatores produtivos para obter o maior nível possível de produtividade e, portanto, de crescimento econômico, a concorrência empresarial faria com que a taxa de lucro se reduzisse até o nível natural, onde a economia alcançaria um equilíbrio estável.

Já os recursos naturais, para Smith, bem como outros economistas clássicos, eram apenas mero suporte e fornecedores de insumos para a produção. Dessa forma, não se percebia uma acuidade nítida em Smith, bem como na maioria dos clássicos, em relação às conseqüências do crescimento econômico sobre o esgotamento dos recursos naturais.

Mas houve exceções. Thomas Robert Malthus em sua obra mais conhecida, *An Essay on the Principle of Population*, de 1798, expôs, pela primeira vez, de modo sistematizado, em economia, os limites impostos pelo meio ambiente ao crescimento

econômico, conforme MEBRATU (1998). Malthus afirmou que a produção de alimentos na Terra seria incapaz de acompanhar a fertilidade de procriação da espécie humana, que cresceria geometricamente, enquanto a produção de alimentos cresceria aritmeticamente. No modelo malthusiano, o crescimento econômico estaria condicionado ao crescimento da produção de alimentos, o qual não poderia acompanhar, segundo ele, o crescimento populacional humano. Malthus é considerado o primeiro estudioso a incorporar a dimensão ambiental em um modelo econômico, sinalizando as restrições ao crescimento econômico decorrentes da escassez de recursos naturais. Considerando como fixo o estoque de terras disponíveis no planeta (escassez absoluta), uma população crescente teria como consequência, segundo Malthus, uma oferta per capita de alimentos decrescente, em função dos rendimentos decrescentes na agricultura. Diante deste suposto fato, o padrão de vida das pessoas declinaria ao nível de subsistência, implicando no estancamento do crescimento populacional.

Um outro economista clássico, David Ricardo, também concordava com a teoria da população de Malthus. No entanto o seu enfoque era um pouco diferente. O que Ricardo salientava não era a escassez absoluta e, sim, a escassez relativa de recursos, no caso terras de boa qualidade. A queda da taxa de lucro e a tendência ao estado estacionário, formuladas por David Ricardo, estavam baseadas no decréscimo da fertilidade do solo<sup>1</sup>. Este decréscimo seria resultante da ocupação de terras de pior qualidade para a produção agrícola em decorrência do aumento do crescimento populacional. À medida que essas terras fossem ocupadas, haveria uma tendência de queda na produtividade agrícola, com o surgimento ou aumento da renda destinada ao aluguel das melhores terras anteriormente ocupadas. Com o aumento dos custos da produção de alimentos, haveria aumento dos salários nominais e, conseqüentemente, diminuição da taxa de lucro e do estímulo ao investimento. No longo prazo, a economia atingiria o equilíbrio no estado estacionário, com crescimento nulo.

Apesar de elaboradas e pertinentes, essas análises padeciam de uma sintomática deficiência. Essa deficiência na análise clássica se deve ao fato de que seus pensadores, preocupados com os conceitos de escassez absoluta dos recursos naturais, como no caso de Malthus, e de escassez relativa, como no caso de Ricardo, não perceberam a ocorrência do avanço tecnológico como mecanismo de compensação às limitações

---

<sup>1</sup> Embora essa “descoberta” seja geralmente atribuída a Ricardo, foi um economista fisiocrata, Turgot, que estabeleceu anteriormente a lei dos rendimentos decrescentes, em seu *Observations sur un Mémoire de M. de Saint-Pérvy*, em 1767, conforme OSER E BLANCHFIELD (1983).

impostas pelo meio ambiente ao crescimento econômico. Ambos pensadores trataram a questão dos rendimentos decrescentes sob a ótica de uma curva de produção total fixa. Inovações técnicas introduzidas na agricultura, como o emprego de fertilizantes deslocariam a curva de produção total para cima, compensando parcialmente a tendência de rendimentos decrescentes. Nem Malthus nem Ricardo previram o progresso tecnológico que ocorreria, afastando as preocupações da escassez na produção de alimentos. Apesar das deficiências em sua análise, esses conceitos oriundos da Escola Clássica foram pioneiros em reconhecerem a dimensão ambiental como condicionante do processo de crescimento econômico. Mesmo sendo importantes, essas preocupações seminais não se constituíram, em princípio, num núcleo sistemático de estudos por outros economistas, sendo retomadas, esporadicamente, em um ou outro trabalho isolado.

Efetivamente, os recursos naturais só foram integrados de modo formal à análise econômica no início do século XX, principalmente com os trabalhos seminais de Harold Hotelling, o qual, em 1931, publicou um *paper* que é considerado um marco na economia dos recursos naturais, intitulado *The Economics of Exhaustible Resources*, onde lança mão de recursos matemáticos sofisticados para a época, como o cálculo de variações. Por conta desse fato, o trabalho de Hotelling, durante um bom tempo, ficou inacessível para grande número de economistas, à época pouco afeitos ao treinamento em matemática de nível mais avançado. A partir desse trabalho pioneiro de Hotelling, alguns conceitos elaborados pelo autor se tornaram bastante difundidos na área da Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente, como o Princípio de Avaliação de Hotelling (*Hotelling Valuation Principle*, HVP) e a regra de Hotelling (*Hotelling's rule*).

O modelo de Hotelling adota como pressuposto uma quantidade limitada e conhecida de um recurso natural, bem como um custo de extração que não depende do estoque restante do recurso. A regra de Hotelling afirma que o retorno de um ativo caracterizado pela não-renovabilidade está intrinsecamente ligado ao seu custo de oportunidade. Para que haja equilíbrio se exige que esse custo de oportunidade seja remunerado à taxa de mercado.

Para se testar empiricamente os pressupostos do modelo de Hotelling é usado o Princípio de Avaliação de Hotelling (HVP), conforme HOTTELING (1931). Esse princípio afirma que, para a obtenção de uma política intertemporal ótima de extração, o preço de venda de um recurso natural deve ser igual ao valor médio de reserva,

independentemente dos custos referentes à extração da jazida e dos preços futuros do recurso. Matematicamente, o HVP é representado por

$$\frac{V_0}{S_0} = (P_0 - C_0) \quad (1.1)$$

onde  $V_0$  representa o valor atual do estoque,  $S_0$  representa o estoque do recurso,  $P_0$  é o preço corrente desse recurso e  $C_0$  é o custo marginal por unidade extraída do recurso. Por meio do HVP, é possível o estabelecimento de estimativas para mensurar o estoque de recursos naturais e, assim, obter as condições de otimalidade de extração de petróleo, de metais e de pedras preciosas, dentre outros problemas envolvendo jazidas de recursos naturais escassos, considerando o custo de oportunidade dos mesmos.

Na literatura, esse custo de oportunidade é conhecido por algumas outras denominações, de acordo com os propósitos específicos relacionados ao seu uso: renda do recurso, que estabelece a diferença entre preço e custo marginal de extração; valor local, que é empregado para avaliar localmente o valor marginal de extração do estoque do recurso; e custo de uso, empregado para avaliar a trajetória intertemporal de disponibilidade do recurso. O objetivo de todos esses conceitos é estabelecer uma política de extração ótima, que permita obter o maior fluxo possível de extração aos proprietários das jazidas desses recursos, maximizando receitas, sem que os mesmos incorram numa trajetória que conduza à sua exaustão, pelo menos num prazo relativamente curto.

### **1. 1 Gênese e evolução do conceito de desenvolvimento sustentável**

Secularmente, a humanidade sempre teve a tendência de encarar a economia e o meio ambiente como sendo áreas antagônicas. Antes da década de 1970, os economistas, em sua grande maioria, viam o meio ambiente como mero fornecedor de insumos para o processo produtivo e como escoadouro isento de custos para os resíduos inaproveitáveis da atividade econômica. Não se pensava, anteriormente, em se perseguir um meio termo que conciliasse, de alguma forma, a busca do crescimento econômico com a conservação dos recursos naturais escassos, em muitos casos não-renováveis.

Só recentemente, com a eclosão dos dois choques do petróleo, na década de 1970, é que a humanidade finalmente tomou consciência da necessidade de compatibilizar o crescimento econômico com a conservação de recursos naturais escassos. Antes mesmo dos choques do petróleo, alguns trabalhos sobre a economia do meio ambiente e dos recursos naturais foram publicados, onde se alertava para a necessidade de se reavaliar os pressupostos dos modelos do crescimento econômico perseguidos até então pela maioria dos países. Esses modelos, em sua totalidade, empregavam critérios inadequados de valoração dos ativos ambientais, representando, inconscientemente, um incentivo ao seu uso predatório, o que poderia levar rapidamente ao seu esgotamento, caso nenhuma mudança fosse efetuada.

Um desses trabalhos foi o relatório *Limites do Crescimento*, publicado em 1972, por uma equipe multidisciplinar do Massachusetts Institute Technology (MIT). Esse relatório despertou grande interesse em todo o mundo, servindo de embasamento para que se realizasse a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, na cidade de Estocolmo, Suécia, também em 1972. Esse foi o primeiro fórum de caráter global, envolvendo a maioria dos países da comunidade internacional, realizado com o objetivo de estimular, em alto nível, o debate sócio-econômico-ambiental no planeta, suas problemáticas do passado, do presente e do futuro, suas alternativas e suas soluções<sup>2</sup>.

O relatório *Limites do Crescimento* traçava perspectivas pessimistas para o futuro da humanidade, caso prevalecessem as tendências quanto ao tipo de modelo de desenvolvimento econômico adotado até então, o qual excluía a preocupação com a conservação de recursos naturais escassos. As projeções do relatório davam conta de que, a partir daquela data, mantidas as taxas de crescimento populacional, de consumo de recursos naturais e de poluição, o mundo enfrentaria um colapso econômico-ambiental dentro de cem anos. A despeito dos questionamentos e críticas quanto à sua metodologia e a algumas de suas projeções, o relatório engendrou um amplo debate sobre a viabilidade de manutenção de um sistema econômico que sub-avaliava persistentemente os ativos ambientais.

---

<sup>2</sup> Vinte anos depois, em 1992, novamente a comunidade internacional se reuniria na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, desta vez na cidade do Rio de Janeiro. Neste fórum, que ficaria conhecido como ECO-92, foi dada continuidade àquelas discussões iniciadas em Estocolmo, desta vez de uma forma muito mais abrangente, reunindo chefes de governo e de Estado de quase todos os países, além de grupos ambientalistas e ONGs ligadas à causa do meio ambiente de todo o mundo.

A partir da realização da Conferência de Estocolmo e a publicação do relatório *Limites do Crescimento*, foi estabelecido um debate teórico quanto às relações entre economia e meio ambiente. Também nessa Conferência foi adotado o termo *ecodesenvolvimento*, que se popularizaria posteriormente, conforme MEBRATU (1998). Esse conceito pressupunha a viabilidade de um modelo de desenvolvimento que equalizasse os conflitos entre crescimento econômico e a conservação dos recursos naturais dos diferentes ecossistemas, através de uma gestão ambiental socialmente responsável e interessada no bem-estar das atuais como das futuras gerações.

Em meio ao pânico gerado pelo embargo decretado pela OPEP em 1973, houve uma avaliação inicial de que era inexequível estender os padrões de consumo, baseados principalmente no uso intensivo de energia não renovável, como no caso dos combustíveis fósseis, dos países ditos desenvolvidos para as sociedades dos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. Os economistas desempenharam, com suas avaliações teórico-empíricas, um papel proeminente nas discussões que se seguiram ao impacto da crise do petróleo. Diante da dependência quase completa da civilização moderna em relação a esse combustível, o embargo da OPEP funcionou como detonador de uma corrida em busca de alternativas energéticas viáveis<sup>3</sup>. A crise também serviu para impulsionar o redirecionamento dos estudos do crescimento econômico, contribuindo para a incorporação de variáveis ambientais aos modelos de crescimento, ainda na primeira metade da década de 70.

O conceito de desenvolvimento sustentável sucedeu o conceito de *ecodesenvolvimento* a partir de 1980, inserido no relatório *Estratégias Mundiais de Conservação*, elaborado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e pelo World Wildlife Fund (WWF), sob encomenda da ONU. A partir da finalização das atividades da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida também como Comissão Brundtland, em 1987, a expressão se tornou mundialmente conhecida, por meio da edição do relatório *Nosso*

---

<sup>3</sup> No Brasil, por exemplo, o Proálcool - Programa Nacional do Álcool - foi adotado como um instrumento de substituição da energia baseada em combustíveis fósseis não-renováveis (petróleo) por um combustível renovável e bem menos poluente, o etanol derivado da cana-de-açúcar. Outras iniciativas foram adotadas em outros países com idênticos objetivos. Além de permitirem a substituição de combustíveis fósseis, altamente poluentes, por combustíveis ambientalmente mais limpos, programas governamentais, como o Proálcool, permitiram que os países que os adotaram pudessem melhorar a situação de suas contas externas, economizando divisas com a importação do petróleo, cujos preços haviam aumentado para patamares nunca antes imaginados, provocando desequilíbrios nas contas externas desses países.

Futuro Comum, onde novos parâmetros para o desenvolvimento econômico são traçados sob a égide do conceito de sustentabilidade.

A sustentabilidade é um conceito oriundo das Ciências Biológicas. Está relacionado à utilização intertemporalmente viável dos recursos naturais, principalmente dos não-renováveis, propugnando o gerenciamento sustentável dos sistemas ambientais pelo homem. O conceito tornou-se multifacetado e transdisciplinar, sendo incorporado ao estudo de várias áreas científicas, além da Economia. Isto gerou uma diversidade de definições que tornam a expressão desenvolvimento sustentável um tanto caledoscópica e sujeita a deformações, principalmente para aqueles que a usam com conotação ideológica, gerando abusos e arbitrariedades<sup>4</sup>.

Geralmente, a ênfase sobre o emprego do conceito de sustentabilidade recai sobre dois pólos extremos. Existem os defensores de uma “fraca sustentabilidade” e de uma “forte sustentabilidade”. Os primeiros defendem a premissa da substituição perfeita entre o estoque de capital natural( $K_N$ )<sup>5</sup> e o estoque de capital material( $K_M$ ). O capital natural pode ser definido como um conjunto de ativos ambientais, ou de recursos naturais, de que dispõe um dado sistema econômico como insumos do processo produtivo. Pode ser definido também, segundo MOTTA (1996), como a capacidade de gerar bens e serviços ambientais. Motta também define o capital material como a capacidade de gerar bens de consumo material. Este capital inclui o capital físico( $K_F$ ) e o capital humano( $K_H$ ). O capital físico inclui maquinaria, equipamentos, construções, ferramentas e outros itens usados como insumos produtivos. O capital humano inclui todas as capacidades e habilidades humanas empregadas no processo produtivo e no avanço científico e tecnológico.

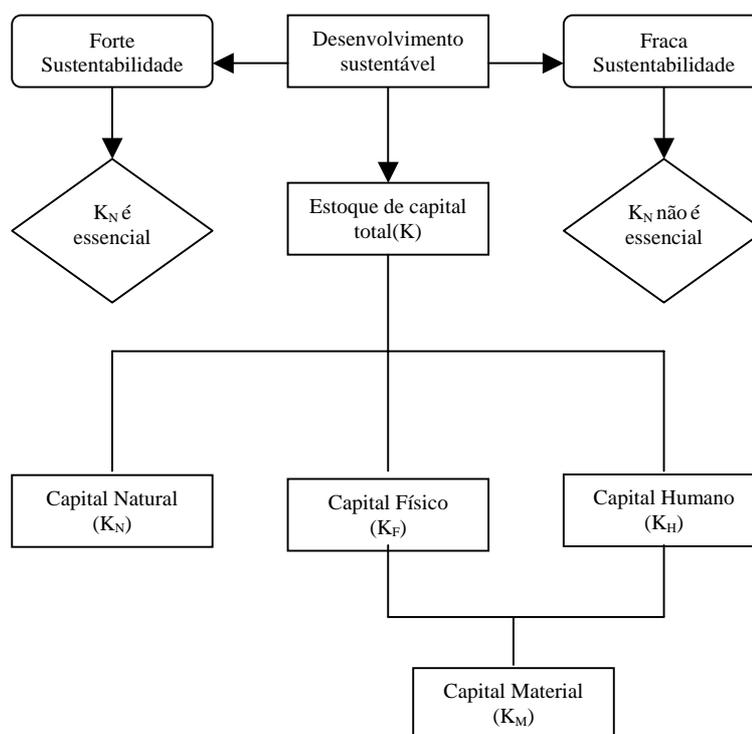
De acordo com a hipótese de “fraca sustentabilidade”, não existiriam restrições técnicas, físicas ou ambientais ao crescimento econômico, desde que os níveis de investimento, como proporção da renda, mantivessem inalterados os estoques relativos de capital natural e material. Observado esse pressuposto, o consumo futuro descontado, tanto dos bens e serviços ambientais, como dos não-ambientais equivaleria ao consumo presente. Neste caso, não haveria limites ao crescimento econômico.

---

<sup>4</sup> Segundo JAEGER apud HACKETT (1998) existem cerca de 60 definições de desenvolvimento sustentável adotadas pela literatura.

<sup>5</sup> O capital natural possibilita, por meio da oferta de “serviços ecológicos”, um suporte indispensável para o processo produtivo. Exs.: Energia e matérias-primas, escoamento para os resíduos industriais, reciclagem dos nutrientes e regulação climática. Além desses serviços passíveis de valoração econômica, o capital natural inclui também componentes de difícil valoração, como o prazer estético proporcionado pela visão de uma bela paisagem, BARBIER (2003).

No outro pólo, os defensores de uma “forte sustentabilidade” argumentam que a premissa da substitutibilidade perfeita entre capital natural e capital material é falsa. Segundo eles, é remota a possibilidade de reposição do estoque de capital natural na velocidade em que este é consumido atualmente, devido à substituição imperfeita relativamente ao capital material, às perdas irreversíveis e aos critérios sub-ótimos de valoração do capital natural. Desse modo, a única forma de se obter um crescimento baseado nos critérios da sustentabilidade, segundo os defensores da “forte sustentabilidade”, seria manter inalterado o estoque presente relativo de capital natural, o que significa que este deve ser preservado. O fluxograma a seguir, representado pela figura 1, esquematiza os dois enfoques distintos adotados sobre o desenvolvimento sustentável e suas implicações em termos das possibilidades de substituição ou não do capital natural por capital material:

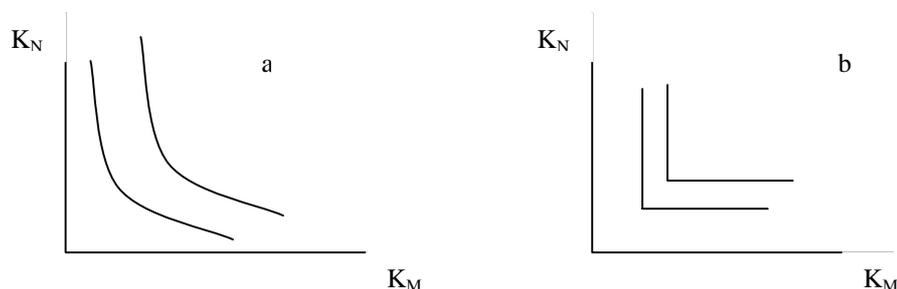


**Figura1. 3. As duas visões sobre o desenvolvimento sustentável**

Fonte: Elaboração do autor (Adaptado de Barbier, 2003)

Sob a hipótese de “fraca sustentabilidade”, as isoquantas, curvas que representam as diferentes possibilidades combinatórias entre capital natural e capital material são lineares, já que, nesse caso, os dois fatores serão substitutos perfeitos no processo de produção. No entanto, se os dois fatores tiverem de ser utilizados em

proporções fixas, as isoquantas terão a forma de um ângulo reto<sup>6</sup>, o que é sustentado pela hipótese de “forte sustentabilidade”. Ambos tipos de curvas estão representados abaixo:



**Figura 1. 4. Desenvolvimento sustentável e tecnologias de produção**

**a) Sustentabilidade Fraca**

**b) Sustentabilidade Forte**

Fonte: Elaboração do autor

O grau de substitutibilidade entre dois fatores de produção pode ser mensurado em termos relativos a partir da curvatura das isoquantas, sendo conhecido como elasticidade de substituição técnica, que denominaremos de  $\eta_{ST}$ . Essa medida nos informa qual a taxa de variação relativa na proporção entre os fatores, quando a taxa marginal de substituição técnica entre esses fatores também varia. Assim, chamando  $K_N$  o capital natural e  $K_M$  o capital material,  $TMgST_{K_M K_N}$ , a taxa marginal de substituição técnica entre estes fatores, temos:

$$\eta_{ST} = \frac{\Delta(K_N/K_M)/(K_N/K_M)}{\Delta TMgST_{K_N K_M}/TMgST_{K_N K_M}} \quad (1.2)$$

Se  $\eta_{ST}$  for igual a zero, os fatores serão empregados em proporções fixas. No caso de  $\eta_{ST}$  ter valor infinito, então os fatores serão substitutos perfeitos. Dessa forma, a hipótese de “fraca sustentabilidade” será tanto mais verdadeira, se  $\eta_{ST} \rightarrow \infty$ . Se  $\eta_{ST} \rightarrow 0$ , os fatores tenderão a ser empregados em proporções fixas, dando sustentação à hipótese de “forte sustentabilidade”.

SOLOW (1974a, 1974b) afirma que, se a elasticidade de substituição técnica entre os recursos naturais e serviços ambientais (capital natural) e os outros fatores for

<sup>6</sup> Tecnologia de Leontieff.

maior que a unidade, então o capital natural pode ser substituído pelos outros fatores. Outrossim, se a elasticidade de substituição técnica for inferior a um, então o capital natural não tem substitutos, apresentando propriedades de complementaridade com os outros fatores. Se essa hipótese prevalecer, no caso extremo em que o capital natural seja totalmente depletado, então o processo produtivo não será mais possível.

Observa-se, assim, dentro dos critérios do desenvolvimento sustentável, que o consumo do estoque de capital natural é um importante critério para avaliar a sustentabilidade das políticas de crescimento econômico. Logo, o objetivo do crescimento sustentável dependerá estritamente das possibilidades de substituição intertemporal entre o estoque de capital natural e o estoque de capital material. Em outras palavras, isto significa que a sustentabilidade ambiental das políticas de crescimento está ligada, intrinsecamente, à possibilidade do sistema econômico repor a parcela do estoque de capital natural consumido na produção, através dos investimentos, em velocidade idêntica à que esse capital é requerido no processo produtivo.

Portanto, é imprescindível a avaliação correta das possibilidades técnicas de substituição entre o capital natural e o capital material, para que a sociedade disponha de balizadores confiáveis em relação aos custos ambientais, econômicos e distributivos associados ao crescimento econômico, em um dado horizonte intertemporal. Dessa forma é que se poderá mensurar, em termos dos custos envolvidos, que grau de limitação um determinado ecossistema impõe ao processo de crescimento em termos dos critérios defendidos pela sustentabilidade. No entanto, as dificuldades envolvidas nessa questão são altamente complexas, pois são múltiplas as metodologias existentes para avaliar os impactos gerados pelo processo produtivo sobre o meio ambiente, em termos de requerimentos de insumos ambientais. Nesse caso, a dificuldade envolvida também está relacionada ao fato de que uma análise ambiental consistente tem que realçar o aspecto de ciclo de vida do produto. Evidentemente, essa não é uma questão simples, já que é difícil delimitar claramente o início e o fim do ciclo do produto, avaliando o processo desde a transformação inicial do insumo até a utilização final do produto e disposição dos seus resíduos finais. Ademais, não é grande a disponibilidade de indicadores ambientais confiáveis, comparativamente a outros indicadores, como aqueles associados à demografia e às Contas Nacionais, conforme MOTTA (1996). Nas próximas subseções aprofundaremos o debate entre a “sustentabilidade fraca” e a “sustentabilidade forte”, bem como discutiremos os indicadores de sustentabilidade apresentados por essas correntes para balizarem seus argumentos.

### 1.1.1 Sustentabilidade Fraca

A “sustentabilidade fraca” surgiu a partir da elaboração de modelos de crescimento econômico e de mudança tecnológica em um cenário de limitação de recursos naturais, por meio do impulso gerado pelos trabalhos de SOLOW (1974 a, 1974b) e de outros especialistas ligados ao assunto, como DASGUPTA E HEAL (1974) e STIGLITZ (1974 a, 1974b). Esses trabalhos tinham o objetivo de estabelecer o arcabouço teórico que servisse de base para o crescimento econômico sustentado, incorporando a restrição representada pelos recursos naturais exauríveis. A questão principal, nesse caso, consistia em saber qual seria o grau de substitutibilidade dos recursos naturais pelos recursos produzidos pelo homem (*human made resources*). Caso o grau de substituição fosse relativamente pequeno, diante da limitação física representada por recursos naturais não-renováveis e do crescimento populacional, o crescimento econômico seria afetado no longo prazo. DASGUPTA e HEAL apud HACKETT (1998) apontaram que se esse grau de substituição fosse relativamente grande, então não haveria restrições ao crescimento econômico e ao crescimento populacional, mesmo considerando um cenário pessimista de inexistência de avanço tecnológico.

De acordo com esta abordagem, os ativos ambientais são *commodities* que devem ser analisadas como outras quaisquer, sendo assim passíveis de quantificação, valoração e atribuição de direitos de uso e de propriedade. A abordagem neoclássica ambiental considera que os excessos que se observam, em várias circunstâncias, no uso e disposição de ativos ambientais, se devem à sub-avaliação no preço destes, conforme MEBRATTU (1998). A superutilização e o conseqüente aumento da degradação do meio ambiente são agravados na ausência de precificação de ativos ambientais, bem como de regulamentações quanto à disposição e propriedade dos mesmos. Este é o caso da degradação indiscriminada de recursos hídricos por parte de atividades econômicas altamente poluidoras. Até recentemente, rios, lagos, mares e oceanos eram vistos como escoadouros ilimitados dos resíduos tóxicos daquelas atividades. Atualmente, essa situação está se revertendo, principalmente nos países mais desenvolvidos, com a disseminação crescente da consciência de que a poluição tem um custo, e os agentes

econômicos poluidores devem arcar com o mesmo. Para induzir os agentes econômicos a otimizarem intertemporalmente os recursos naturais escassos, a abordagem neoclássica propõe a internalização das externalidades negativas geradas por atividades degradadoras do meio ambiente, através da implementação de instrumentos de mercado. Com a instituição de princípios como o do poluidor-pagador, as análises de investimento passaram a incorporar a avaliação dos impactos ambientais das atividades econômicas em termos de custos de oportunidade. Esse fato, obviamente, tende a facilitar a conciliação entre o crescimento econômico e a conservação de recursos naturais escassos, com o objetivo de assegurar o usufruto destes pelas gerações vindouras.

HARTWICK (1977) desenvolveu um instrumental teórico que favorece a perspectiva da “sustentabilidade fraca”, que permite a adoção de um critério prático de equidade intergeracional. Hartwick estabeleceu, matematicamente, uma regra de poupança e de investimento, que ficou conhecida posteriormente como “regra de Hartwick”, que permite a manutenção, em níveis constantes, do consumo per capita, desde que os lucros obtidos com a utilização dos recursos naturais pela sociedade sejam investidos em capital material. Por essa regra, a substituição dos recursos naturais exauríveis por capital material é factível, desde que o incremento na produtividade do capital material compense a perda de produtividade do capital natural.

O modelo de Hartwick assume que a produção, no período  $t$ , demandará o estoque de capital  $k(t)$ , fluxos de minério de uma jazida não-renovável  $y(t)$  e mão-de-obra, que, nesse modelo, é mantida constante, assumindo o valor unitário. Os insumos  $k(t)$ ,  $y(t)$ , a commodity produzida  $x(t)$  e o consumo  $c(t)$  são definidos em termos per capita. A tecnologia, representada por  $f(k(t), y(t), 1)$  apresenta retornos constantes de escala, sendo homogênea de grau um. Para  $f(0)$ , tem-se  $x(t)=0$ . Também se assume que

$$\frac{\partial f}{\partial k}, \frac{\partial f}{\partial y} > 0 \quad e \quad \frac{\partial^2 f}{\partial k^2}, \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} < 0 \quad (1.3)$$

isto é, a produtividade marginal de cada fator de produção é positiva e cada um deles apresenta retornos decrescentes de escala. Por convenção, adota-se que

$$\frac{\partial f}{\partial k} \triangleq f_k, \quad \frac{\partial f}{\partial y} \triangleq f_y, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial k^2} \triangleq f_{kk}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \triangleq f_{yy} \quad e \quad \frac{\partial^2 f}{\partial k \partial y} \triangleq f_{ky}.$$

Uma variável precedida por D indica

a sua derivada em relação ao tempo, como por exemplo,  $Dk = \frac{\Delta}{\partial t} k$ . A alocação intertemporal do produto é repartida entre o consumo  $c(t)$ , investimento  $Dk$  e custos de extração  $ay(t)$ , onde o parâmetro “a” é relativo ao custo medido em unidades de produto  $x(t)$  do recurso não-renovável. Em termos matemáticos, temos que

$$x(t) = c(t) + Dk + ay(t) \quad (1.4)$$

A função poupança ou investimento é

$$Dk = (f_y - a)y(t) \quad (1.5)$$

A taxa de retorno de uma unidade do capital deve ser igual à taxa de retorno de uma unidade obtida da jazida para que a extração do minério seja considerada eficiente<sup>7</sup>. No que se refere aos preços, isso implica em que os lucros auferidos com a exploração da jazida estão sendo equalizados à taxa de juros ou taxa de retorno do capital. No modelo de Hartwick, de uma única *commoditie*, tal condição é satisfeita pela taxa de variação na produtividade marginal da jazida ser igual à produtividade marginal do capital, o que é conhecido na literatura como “Regra de Hottelling”, que traduz formalmente a condição ótima de extração de um recurso não-renovável. Em termos matemáticos, isso significa que

$$\frac{d \log(f_y - a)}{dt} = f_k \quad (1.6)$$

ou

$$f_{yy}Dy + f_{yk}Dk = f_k(f_y - a) \quad (1.6')$$

As equações acima representam a dinâmica da economia. Para determinar a trajetória de  $k(t)$  e de  $y(t)$  deve-se calcular os valores de  $k(0)$  e de  $y(0)$ . O modelo assume que esses valores devem ser selecionados de tal forma que o estoque inicial  $S$ ,

---

<sup>7</sup> Hartwick considera que isso é verdadeiro desde que, na tecnologia adotada, duas condições sejam satisfeitas: a)  $f_y > 0$  quando  $t \rightarrow \infty$  e b) os custos de extração sejam tais que  $(f_y - a) > 0$  em  $t_0$ .

representado pela jazida do minério, é suficiente para sustentar a economia em um período infinito de tempo. O fluxo de minério é representado pela taxa de variação intertemporal do estoque  $S$ , definido em termos per capita, isto é

$$\frac{dS}{dt} = -y(t) \quad (1.7)$$

A trajetória do produto é crescente ao longo do tempo. Da definição de função de produção, segue-se que

$$Dx = f_k Dk + f_y Dy \quad (1.8)$$

Considerando uma tecnologia de produção do tipo Cobb-Douglas, temos

$$x = k^\alpha y^\beta \quad (1.9)$$

$$\text{com } \alpha + \beta = 1, \quad f_k \overset{\Delta}{=} \alpha x / k, \quad f_y \overset{\Delta}{=} \beta x / y, \quad f_{yy} \overset{\Delta}{=} \beta x (\beta - 1) / y^2 \quad \text{e} \quad f_{yk} \overset{\Delta}{=} \alpha \beta x / yk.$$

Considerando a tecnologia Cobb-Douglas, (1.6') torna-se

$$f_y D_y - x D_y / y + f_k Dk = (y / \beta) f_k (f_y - a) \quad (1.10)$$

Substituindo  $Dk$  na relação acima pelo valor em (1.3) temos a seguinte expressão

$$\beta [f_y D_y + f_k (f_y - a) y] = f_y D_y + f_k (f_y - a) y \quad (1.11)$$

Considerando  $0 < \beta < 1$ , a equação acima pode ser satisfeita somente se a expressão à direita for igual a zero. Mas, conforme pode ser observado, a expressão à direita de (1.11) é a mesma à direita de (1.6'). Dessa forma,  $x$  será constante no tempo. Contanto que  $c(t) = (1 - \beta)x(t)$ , o consumo per capita também será constante ao longo do

tempo. Considerando a quantidade finita do estoque do recurso natural,  $y \rightarrow 0 \leftrightarrow t \rightarrow \infty$ . Assim, fica estabelecida a “Regra de Hartwick”, para a equidade intergeracional de acordo com a definição de SOLOW (1974 a, 1974b), isto é, consumo per capita do recurso natural não-renovável será constante ao longo do tempo, com a condição de que a sociedade invista os lucros da sua extração em capital reproduzível.

PEARCE e ATKISON (1993) desenvolveram um indicador de sustentabilidade fraca. Neste trabalho, esses dois autores estabeleceram uma regra para avaliar se um determinado país estaria ou não seguindo uma trajetória de crescimento sustentado. Uma economia seria sustentável, de acordo com esse critério, se sua poupança agregada fosse maior que a depreciação conjunta das duas formas de capital, ou seja

$$Z > 0 \leftrightarrow S > (\delta_M + \delta_N) \quad (1.12)$$

onde  $Z$  é um índice de desenvolvimento sustentável,  $S$  é a poupança agregada,  $\delta_M$  é a depreciação do capital material e  $\delta_N$  é a depreciação do capital natural.  $\delta_M$  pode ser calculado a partir dos dados das Contas Nacionais e  $\delta_N$  baseia-se em estimativas de preços de mercado, incluindo, por exemplo, perda de produto devido à erosão do solo. Dividindo-se (1.12), em ambos os lados, pela renda nacional,  $Y$ , tem-se a seguinte expressão:

$$Z > 0 \leftrightarrow (S/Y) > [(\delta_M/Y) + (\delta_N/Y)] \quad (1.13)$$

O indicador de sustentabilidade pode ser calculado, então, de duas formas:

$$Z_1 = (S/Y) - (\delta_M/Y) - (\delta_N/Y) \quad \text{ou} \quad (1.14)$$

$$Z_2 = S - \delta_M - \delta_N \quad (1.15)$$

### 1.1.2. Sustentabilidade Forte

Os defensores da “sustentabilidade forte” argumentam que o capital natural não pode ser substituído por avanços na tecnologia. A posição defendida por esses teóricos é oriunda da ecologia e baseia-se em conceitos como biodiversidade e capacidade de recuperação biótica.

Entre os fatores apontados, pelo critério da “sustentabilidade forte”, para a impossibilidade de substituição do capital natural pelo capital material está a incerteza, intrínseca aos sistemas econômico e ambiental. Essa abordagem sustenta que, como não se pode avaliar adequadamente os impactos da exaustão de recursos naturais não-renováveis, devido à complexidade dos ecossistemas, deve-se adotar uma atitude parcimoniosa em relação a esses recursos. Sendo assim, os efeitos decorrentes da depreciação do capital não poderiam ser mensurados, impedindo a determinação do investimento necessário em capital material para compensar a exaustão do capital natural. Dessa forma, os tomadores de decisão não teriam informação perfeita sobre as complexas interações entre economia e meio ambiente. Mas isso não significa que os modelos de crescimento econômico determinísticos deveriam ser descartados. O fato é que, para os defensores da “sustentabilidade forte”, a introdução da incerteza nos modelos determinísticos modificaria as implicações das políticas resultantes das soluções derivadas desses modelos. Por essa perspectiva, o fato do sistema econômico-ambiental estar sujeito a choques aleatórios faz com que a premissa de sustentabilidade do crescimento econômico no longo prazo possa ser afetada. Com o objetivo de incorporar o componente de incerteza aos modelos de crescimento econômico, pesquisadores como BELTRATTI (1996) têm realizado trabalhos nesse sentido.

BELTRATTI (ibidem, p. 82 e 83) diz que o fenômeno da incerteza pode ser causado por:

a) Conhecimento insuficiente sobre as interações dos agentes com o meio ambiente, bem como sobre tecnologias e preferências futuras. Conforme ressalta BELTRATTI (ibidem, p. 100):

“For example, lack of exposure to environmental goods and natural habitats creates adaptation on the part of humans. A world without animals was not even conceivable a few centuries ago, even though nowadays people living in industrialized countries interact with only few species of animals, and can see many other species only on television or during vacations in well defined natural parks. In principle, one contend that future people could equally well adapt to a world without amenities, perhaps being more concerned with computer-built artificial

worlds than with the real environment , so that destroying natural habitats today would not prevent satisfaction of future needs, as needs themselves depend on the heritage wich is left to the future”.

Beltratti acentua que determinados fatos não são passíveis de serem apreendidos no horizonte de tempo de que dispõem os tomadores de decisão. Muitas leis físicas ainda precisam ser descobertas e isso requer muito mais avanço da ciência em termos de pesquisa;

b) Falta de conhecimento apriorístico sobre o tipo de incerteza, se ela é exógena ou endógena. O primeiro tipo não depende da ação dos agentes envolvidos. Os resultados do lançamento de um dado representam um exemplo desse tipo de incerteza, considerando que o experimento seja realizado em condições normais, isto é, que o dado não esteja viciado. Quando as ações dos agentes têm a capacidade de interferir nos resultados de um determinado evento, modificando o grau de incerteza quanto à ocorrência desses resultados, a incerteza é dita endógena. Um exemplo desse tipo de incerteza são os impactos da emissão de poluentes sobre o meio ambiente. É certo que o clima será afetado, mas a extensão exata das mudanças provocadas no meio ambiental, apesar de não poder ser mensurada de modo *ex-ante*, claramente depende das quantidades dos poluentes que estão sendo emitidas;

c) Possibilidade de a incerteza ser tratada com técnicas estatísticas baseadas em estudos de frequência distributiva de vários eventos ou, por outro lado, ser um fenômeno não passível de tratamento estatístico, por suas singularidades e falta de conexão com eventos antecedentes. Aqui é importante distinguir entre risco e incerteza. No caso de eventos cujos resultados envolvem riscos, o agente tem condições de atribuir a esses resultados determinadas probabilidades. A zona de incerteza começa quando não existe essa possibilidade;

d) Ausência de conhecimento sobre o nível de agregação. Neste caso, é importante ressaltar a diferença entre incerteza agregada e incerteza idiossincrática, isto é, que depende da percepção individual. Em ambas, as dissimetrias entre dotações iniciais e preferências determinam que deve haver um processo de troca, por meio do qual um nível de equilíbrio Pareto-ótimo possa ser atingido, no que se refere à alocação de recursos.

A incerteza agregada implica em consequências de eventos específicos que afetam a economia de uma forma global. Se os efeitos desses eventos se restringem

apenas a determinadas áreas, como no caso do transbordamento de um rio que atravessa determinada cidade ou da contaminação desse rio por agentes químicos, os agentes que vivem nesses locais estarão sujeitos a uma incerteza agregada, do seu ponto de vista. No entanto, do ponto de vista global, a incerteza desses agentes é idiossincrática;

e) Variabilidade dos graus de irreversibilidade. Deve-se notar que o fato de alguém poder fazer escolhas entre várias opções cujos resultados se mostrarão posteriormente irreversíveis, não significa que esses resultados não possam ser antecipadamente conhecidos. No entanto, é muito comum a incerteza acompanhar o resultado de ações irreversíveis. Por exemplo, as implicações para um determinado ecossistema da extinção de espécies vegetais ou animais. Conforme observa HACKETT (1998, p. 257):

“So many of our actions, such as species extinctions and global warming, cannot be undone. Unlike human-made capital, which can be rebuilt, destruction of certain forms of natural capital, such as biodiversity, is irreversible. While it is possible that we can compensate future generations for permanently diminished natural capital, we are not adequately informed of the relative prices they will assign to natural and human-made capital, and so we have no way of satisfying the weak-form sustainability standard”.

f) Variabilidade de escalas e criticalidade. Em lugar de ligações de causa-e-efeito bem concatenados, que apresentam continuidade, conforme as hipóteses assumidas na “sustentabilidade fraca”, podem acontecer rupturas e saltos estocásticos na dinâmica do sistema econômico-ambiental. É o caso da elevação da temperatura dos oceanos quando ultrapassam certos níveis críticos, o que pode causar mudanças repentinas no padrão de precipitações pluviométricas de determinada região, que se deslocam de áreas continentais para o oceano<sup>8</sup>, provocando estiagem, perda de colheitas, dentre outros efeitos negativos, conforme HACKETT (ibidem).

---

<sup>8</sup> É o que acontece, por exemplo, no caso dos fenômenos El Niño e La Niña, os quais têm sido estudados desde o início do século passado. Em situações normais, quando o El Niño não ocorre, os ventos alísios interagem com as correntes de águas quentes superficiais da costa litorânea do Oceano Pacífico equatorial. Essas correntes são impelidas em direção à Indonésia, causando precipitação pluviométrica. Assim, surge o que se convencionou chamar de fenômeno de ressurgência: com o deslocamento das águas superficiais quentes do litoral do Pacífico equatorial em direção à Ásia, as águas mais profundas, ricas em nutrientes, são transportadas à superfície, provocando o aparecimento de numerosos cardumes de peixes, garantindo o equilíbrio de uma complexa cadeia alimentar e de uma importante atividade pesqueira nessa região do globo. Quando o El Niño se manifesta, há um enfraquecimento das correntes de ventos alísios e as massas de água superficiais quentes permanecem próximas do litoral. Com isso, fica impossibilitada a eclosão da ressurgência, havendo um decréscimo na quantidade de cardumes, transtornando o equilíbrio da cadeia alimentar, com prejuízos significativos para a atividade pesqueira. A precipitação pluviométrica

## 1.2 Impactos ambientais do desenvolvimento tradicional e o desenvolvimento sustentável

No passado recente, algumas decisões que priorizaram exclusivamente o crescimento econômico imediato, relegando a um plano inferior as preocupações com a sua sustentabilidade intertemporal, revelaram-se posteriormente altamente danosas, como os projetos de irrigação da ex-União Soviética que utilizavam as águas dos rios Amu Daria e Sir Daria, os quais desaguavam no Mar de Aral<sup>9</sup>, para plantações de algodão<sup>10</sup>. O Aral, que possuía uma área de cerca de 66.000 Km<sup>2</sup>, era o quarto maior mar interior do mundo. Como os projetos foram mal avaliados, a vazão hídrica dos rios que abasteciam o Aral ficou comprometida. Conseqüentemente, o mar começou a diminuir. Cerca de 90% do volume de água que fluía para o Aral desapareceu, ficando o mesmo reduzido apenas a uma parte da antiga área ocupada. Grande parte do mar foi transformada em um deserto, aumentando a ocorrência de tempestades de areia. A parte que restou está com um elevado índice de salinidade, atualmente comparável a dos oceanos, inviabilizando o aparecimento dos outrora numerosos cardumes de peixes que habitavam o lago. A fauna que habitava o entorno do Aral foi grandemente reduzida, bem como a flora<sup>11</sup>. A maior parte da população que residia na área, empregada como mão-de-obra na indústria pesqueira, cerca de 60.000 pessoas, ficou sem alternativas econômicas<sup>12</sup>. A tragédia do Aral é, talvez, o mais emblemático, em nível mundial,

---

não alcança a Indonésia, caindo no meio do Oceano Pacífico. No continente, os efeitos de fenômenos como o El Niño comumente são devastadores. No caso do Brasil, o fenômeno provoca, no verão, grandes secas no Nordeste e inundações nas regiões Sul e Sudeste. O La Niña é um fenômeno que se alterna com o El Niño e provoca efeitos dissimilares, aumentando a intensidade dos ventos alísios, causando fortes precipitações pluviométricas no continente asiático. (Almanaque Abril Mundo 2002)

<sup>9</sup> Atualmente o Mar de Aral faz parte dos territórios do Cazaquistão e do Usbequistão, ex-repúblicas soviéticas que se localizam na Ásia Central.

<sup>10</sup> O projeto de maior envergadura realizou o desvio do Amu Daria para o canal de Karakumskiy, com cerca de 1,1 mil quilômetros de extensão, com o objetivo de fornecer água para as plantações algodoeiras do Usbequistão.

<sup>11</sup> Além disso, a aplicação não-criteriosa, nas plantações, de grande quantidade de adubos, pesticidas e desfolhantes químicos poluiu as águas dos rios.

<sup>12</sup> Além dos problemas econômicos, a população local passou a enfrentar vários problemas de ordem sanitária, em conseqüência da ingestão de alimentos e de água contaminados. Têm aumentado, nos anos recentes, entre os habitantes locais, o número de doenças relacionadas ao fígado e aos rins, bem como os casos de tifo, cólera e peste bubônica.

dentre tantos exemplos dos elevados danos ao meio ambiente de modelos de desenvolvimento que não incorporam ativos ambientais de modo adequado<sup>13</sup>.

Os modelos tradicionais de crescimento econômico falham em não reconhecer os ativos ambientais como elementos importantes para a tomada de decisão, gerando políticas intertemporalmente não-sustentáveis sob a ótica do equilíbrio dos ecossistemas. Outra lacuna nestes modelos é que eles não incorporam o fato de que as políticas econômicas são influenciadas tanto pela estrutura da economia como pelas preferências dos tomadores de decisão. Uma questão importante, que talvez explique a não inclusão de variáveis ambientais nos modelos tradicionais, é que tanto a economia como o meio ambiente são sistemas altamente complexos, dificultando o estabelecimento de relação precisas entre ambos através da modelagem, conforme BELTRATTI(1996). No entanto, para conferir maior plausibilidade aos modelos, é imprescindível adequá-los às evidências empíricas. Como a observação atesta as profundas conexões entre o binômio economia-meio ambiente, como no caso do Mar de Aral, surge a necessidade de incorporar a dimensão ambiental aos modelos de crescimento, para que os tomadores de decisão possam chegar a conclusões consistentes com os critérios da sustentabilidade. Essa necessidade mostra-se ainda mais premente em um mundo cada vez mais globalizado, em que se mostra crescente a consciência ambiental das diferentes sociedades que o compõem.

Conforme observa HACKETT (1998), a busca pelo desenvolvimento sustentável surgiu a partir de consequências não previstas que resultaram da adoção de modelos de desenvolvimento tradicionais. Esses modelos sempre adotaram como critério balizador de sucesso, no que se refere ao desenvolvimento econômico, o crescimento contínuo da renda per capita. Como este é um parâmetro cuja mensuração permite comparações relativamente confiáveis entre países, principalmente quando é usado o critério da paridade do poder de compra, a renda per capita passou a ser empregada como o índice padrão de bem-estar econômico desfrutado por uma determinada sociedade. Dessa forma, na visão dos *policy-makers* ligados aos modelos de desenvolvimento tradicionais, o desenvolvimento sustentável significava o crescimento da renda per capita no decorrer do tempo, com inflação baixa e sem desequilíbrios no balanço de pagamentos. Os impactos ambientais do crescimento econômico ficavam relegados a um plano inferior.

---

<sup>13</sup> Os dados foram retirados do site [www.planetaorganico.com/aguamal.htm](http://www.planetaorganico.com/aguamal.htm) e do Almanaque Abril Mundo 2002.

A partir de sua criação, em meados da década de 1940 do século passado, o Fundo Monetário Internacional (FMI) e o Banco Mundial tiveram como uma de suas atribuições fundamentais auxiliar os países pobres na busca do desenvolvimento, mas dentro da abordagem tradicional, que não contemplava a importância dos ativos ambientais, como acentua HACKETT (ibidem). Essa ajuda era oferecida por meio da assistência técnica, assistência financeira e fundos de desenvolvimento. Os principais financiadores desses fundos eram os governos de países ricos, como Estados Unidos, Alemanha e Japão. Mas, a partir da década de 1970, financiadores privados, como os bancos comerciais, desses e de outros países, também passaram a oferecer linhas de crédito para financiar o desenvolvimento de países pobres. Todas essas modalidades de crédito concentravam-se basicamente em projetos de grande escala, principalmente na área de infra-estrutura, como geração de energia elétrica (hidrelétrica, nuclear, termelétrica), rodovias, ferrovias, portos e sistemas de irrigação.

No entanto, a preocupação ambiental no financiamento desses projetos ficava em segundo plano ou era inexistente conforme HACKETT (ibidem). As consequências negativas para o meio ambiente dessa negligência não tardaram a se tornar evidentes. Além disso, muitos desses projetos não justificavam as expectativas de retorno do investimento, já que foram mal ou inadequadamente dimensionados. Entre esses projetos, podem ser citados aqueles que tinham o objetivo de promover a colonização agrícola em larga escala, em áreas que posteriormente se revelaram impróprias para a agricultura, como em regiões localizadas em florestas tropicais. Além de se revelarem perdulários, desperdiçando recursos que poderiam ter sido melhor aplicados, esses projetos tiveram efeitos negativos devastadores sobre o meio ambiente, danificando a biodiversidade local e obrigando a remoção de populações indígenas. HACKETT cita como exemplos de projetos de desenvolvimento não sustentável o caso do financiamento de usinas para a produção de energia a partir do carvão na Índia, que resultaram no aumento da poluição por dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e de metais pesados, além de provocar o deslocamento de amplos contingentes populacionais; ou ainda os projetos de construção de grandes represas na Tailândia, afetando negativamente os sistemas de irrigação de arroz que se baseavam em pequenas represas. Mas a inadequação desses projetos não apresentou aspectos negativos apenas na área ambiental. Do ponto de vista financeiro a situação também se revelou preocupante. Um relatório do Banco Mundial de 1992 citado por HACKETT apontou que cerca de US\$

140 bilhões do portfólio de empréstimos estavam classificados como sendo de desempenho duvidoso, quando avaliados do ponto de vista do retorno do investimento. Segundo o mesmo relatório, a participação de projetos de nível insatisfatório no total de projetos elevou-se de 15% em 1981 para 37,5% em 1991.

Uma das razões apontadas para essa ineficiência, segundo o próprio relatório, eram as pressões exercidas pela diretoria do Banco Mundial para que os funcionários alcançassem as metas de empréstimos fixadas. Ainda segundo o relatório, menos de um quinto da diretoria do Banco considerava que a análise dos projetos era de fato compatível com sua qualidade.

A aprovação desses projetos, durante muito tempo, desconsiderou aspectos institucionais dos países demandantes de recursos, como atividades de *rent-seeking* e de corrupção. Grande parte dos recursos emprestados beneficiaram grupos diretamente ligados a governantes corruptos de países pobres, fazendo com que as dívidas destes aumentassem sem nenhum benefício a suas populações, que, pelo contrário, assistiram a uma deterioração contínua no cenário sócio-econômico-ambiental.

Mesmo os projetos que foram bem-sucedidos no que se refere ao aumento das exportações de produtos primários pelos países em desenvolvimento, tiveram posteriormente um efeito adverso, ao contribuírem para o surgimento de um excesso de oferta desses produtos, introduzindo uma tendência de queda nos seus preços e comprometendo a capacidade de pagamento dos empréstimos efetuados. GODFREY e ROSE apud HACKETT (ibidem, p. 252) observam que: “prices [fell] so rapidly with increased production and supply that increases in export volume actually result in a decrease in earnings”. Em termos de desempenho geral, os resultados dos projetos de desenvolvimento financiados pelas instituições multilaterais e pelas instituições privadas ficaram aquém do esperado.

O relatório da Comissão Brundtland, também citado por HACKETT apontou as contradições e a insustentabilidade desse processo de desenvolvimento, baseado em exportações de produtos primários, que estavam conduzindo à excessiva exploração dos recursos naturais dos países em desenvolvimento, com efeitos negativos para o meio ambiental.

O *World Development Report* (2003), publicação do Banco Mundial, realça que a excessiva dependência de um país em relação aos seus recursos naturais, principalmente no que se refere à obtenção de receitas públicas, pode afetar negativamente o crescimento econômico. O relatório também destaca que o

gerenciamento dos recursos naturais se configura em um grande desafio para a coordenação institucional de uma sociedade, bem como para a sua capacidade de cumprir suas funções básicas, entre as quais a de balizar e conciliar as disputas de diferentes grupos de interesse. O comprometimento dessas funções, pelo mau gerenciamento dos recursos naturais, teria como uma das consequências o adiamento do surgimento de instituições capazes de contribuir para a criação de novas oportunidades no cenário econômico de longo prazo. Além disso, o mesmo relatório acentua que a probabilidade do surgimento de violentos conflitos é bem maior em países com grande dotação de recursos naturais, por terem, na maioria dos casos, instituições inadequadas e ineficientes do ponto de vista social<sup>14</sup>. Também contribui para esse quadro a inexistência de um arcabouço de direitos de propriedade eficiente e eficaz. Esses fatores terminam por reforçar o cenário de estagnação econômica, no longo prazo, nesses países, embora possam experimentar surtos esporádicos de crescimento econômico. Tal panorama, segundo o relatório, contribui para o aumento da violência nesses países, entre os quais a grande maioria é composta por Estados africanos, os quais, embora detentores de vastos recursos naturais, como República Democrática do Congo e Nigéria, ostentam indicadores sociais e econômicos que os colocam na faixa dos mais pobres do mundo.

### **1.3.O desenvolvimento sustentável e a globalização**

O advento do processo de globalização, a partir do desmoronamento do sistema de Breton Woods, quando da suspensão da conversibilidade do dólar em ouro pelo então presidente norte-americano Richard Nixon, em 1971, deu-se concomitantemente aos choques do petróleo e à emergência da consciência ambiental. Num mundo cada vez mais interdependente e globalizado, as ações e iniciativas tomadas por atores particulares desse processo, sejam governos, empresas transnacionais ou organizações não-governamentais, bem como os efeitos dessas ações e iniciativas, não podem ser vistas como eventos isolados e restritos unicamente às suas esferas de atuação. Opções sub-ótimas do ponto de vista econômico-ambiental podem ser prejudiciais a todo globo,

---

<sup>14</sup> Na seção 1.5 se discutirá com maior especificidade a questão dos arranjos institucionais e a sustentabilidade

ainda que consideradas ótimas em termos de benefício econômico particular, principalmente se feitas por nações economicamente mais importantes. É o que se prefigura na recusa recente do governo norte-americano em assinar o Protocolo de Kyoto, o qual procura estabelecer níveis ambientalmente sustentáveis de emissão de poluentes por parte das diversas nações do planeta. A justificativa do governo norte-americano para manter essa postura é que a redução do nível de poluição em seu país aos patamares e prazos preconizados pelo Protocolo afetaria negativamente o crescimento econômico dos EUA. Essa posição contrasta fortemente com os princípios adotados pelo modelo de desenvolvimento sustentável, que preconiza que os recursos naturais sejam explorados no presente de modo racional, com um enfoque no futuro, de modo que as próximas gerações possam receber como herança da atual um ecossistema econômica e ambientalmente viável.

A incorporação da agenda do meio ambiente à globalização, conforme ROMEIRO (1999) permite detectar pelo menos duas ordens de efeitos desta sobre o sistema econômico-ambiental global e local/regional. Esses efeitos são de ordem bidirecional. Poderíamos denominá-los de efeitos centrífugos – do local para o global – e de efeitos centrípetos – do global para o local. Na realidade, às vezes é difícil delimitar com precisão o sentido direcional desses efeitos, já que, em muitos casos, eles se retroalimentam. Os primeiros se referem ao transbordamento das conseqüências de práticas econômicas locais ou regionais para o exterior. Um tipo de efeito centrífugo, chamado na literatura de “*eco-dumping*”, é aquele gerado pela não internalização, ou internalização apenas parcial, de custos sociais e ambientais por alguns países, como instrumento de busca por maior competitividade no comércio internacional. Isso pode conferir-lhes vantagens comparativas injustas em alguns setores<sup>15</sup>. É o caso de nações que utilizam mão-de-obra infantil em larga escala, principalmente na agricultura. Tais práticas ensejam, muitas vezes, medidas compensatórias, principalmente por países desenvolvidos, que usam sistematicamente a legislação *antidumping* permitida pelos acordos multilaterais de comércio para proteger seus produtos contra a competição predatória<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> O termo “*eco-dumping*” também é usado para designar a tentativa de determinados governos enfraquecerem suas legislações ambientais, com o objetivo de desencorajar determinadas indústrias poluentes a migrarem para locais que tenham leis ambientais mais “frouxas”, conforme ULPH E VALENTINI (1997).

<sup>16</sup> Uma questão pertinente a essa discussão, no caso supracitado, é que as medidas contra a competição predatória são proporcionais, em muitos casos, à ameaça de perda de fatias de mercado representada pelo país competidor. Dessa forma, por exemplo, países ricos como os EUA dão preferência à compra de

Já os efeitos centrípetos se caracterizam, por exemplo, no caso da ampliação da escala de produção de transnacionais, que, aproveitando as oportunidades oferecidas pela globalização, podem estender sua esfera de atuação a praticamente todo planeta. Com isso, essas empresas passam a dispor de estoques de recursos naturais e de mão-de-obra abundante e barata, em países em desenvolvimento, que não encontrariam em seus países de origem, geralmente desenvolvidos. O problema é que, na grande maioria dos casos, a legislação ambiental e trabalhista dos países pobres é muito menos rígida e complacente com práticas econômicas deletérias ao meio sócio-ambiental, comparativamente ao que acontece nos países desenvolvidos, criando o que se convencionou chamar de “portos de poluição”<sup>17</sup>. Muitas transnacionais, principalmente do setor primário, exaurem os recursos naturais de regiões inteiras de países em desenvolvimento e transferem suas atividades para outro lugar, deixando para trás ecossistemas ambientais altamente danificados, comprometendo ainda mais a viabilidade econômico-ambiental dessas regiões. Assim, o deslocamento geográfico da escala de produção destas empresas para outros países permite que elas obtenham benefícios altamente vantajosos, em relação aos seus custos produtivos, em comparação ao que teriam em seus locais de origem, simplesmente pela transferência das externalidades negativas para terceiros. A disseminação global do princípio do poluidor-pagador e das técnicas de valoração de ativos ambientais evitaria que tais distorções agravassem a já precária situação de muitos países menos desenvolvidos.

---

produtos agrícolas tropicais de países centro-americanos, como Honduras e Guatemala, onde grande parte da lavoura de exportação é controlada pela norte-americana Chiquita Brands International Incorporated. Em contrapartida, os EUA impõem vários tipos de barreiras, principalmente de caráter fitossanitário, quando um país de renda média como o Brasil tenta competir com os produtos agrícolas exportados por países centro-americanos, mesmo que o Brasil tenha nesses produtos melhores vantagens comparativas. Em muitos casos, tais produtos são produzidos em condições similares, inclusive até mesmo com o uso de mão-de-obra infantil, e em regiões antes ocupadas por florestas tropicais que foram total ou parcialmente derrubadas para implantação de projetos agropecuários. Tal raciocínio também se aplica à exportação de produtos agrícolas de países africanos, em sua grande maioria ex-colônias européias, no caso das preferências concedidas pela União Européia a esses países.

<sup>17</sup> A questão relativa à realocização espacial da indústria tem sido objeto de freqüentes debates. O eixo central da discussão baseia-se na hipótese de que as indústrias intensivas em poluição, em decorrência da legislação ambiental mais severa dos países ricos, tendem a transferir suas plantas para países em desenvolvimento, onde as leis são mais tolerantes com a degradação ambiental. Num passado não distante, quando a consciência dos problemas causados pela poluição era menos aguda, a transferência das operações de indústrias altamente poluentes era intensamente estimulada por parte dos países em desenvolvimento, principalmente pelos formuladores de políticas públicas desses países, que consideravam poluição como sinônimo de desenvolvimento econômico. Foi assim que surgiu a expressão “portos de poluição” (*pollutions havens hypothesis*) aplicada aos países em desenvolvimento. No entanto, ULPH e VALLENTINI (ibidem) não confirmam a veracidade empírica da hipótese de realocização espacial da indústria.

Assim, diante do aumento da complexidade do sistema econômico mundial, com o estabelecimento crescente de interconexões cada vez mais intrincadas entre as mais diversas regiões e atividades econômicas no mundo, o papel a ser desempenhado pela Economia do Meio Ambiente tornou-se crucial e indispensável.

#### **1.4. Curva de Kuznets Ambiental (CKA) e o desenvolvimento sustentável**

O desenvolvimento sustentável tem como uma das principais áreas de fronteira as pesquisas referentes à Curva de Kuznets Ambiental (CKA)<sup>19</sup>, a versão ambiental da relação estimada por Simon Kuznets para estimar a relação entre crescimento da renda per capita e desigualdade de renda. Segundo Kuznets, o crescimento econômico implicaria inicialmente no aumento da desigualdade de renda. Porém, a partir de um determinado ponto, a desigualdade diminuiria. Dessa forma, a relação teria a forma de “U” invertido<sup>20</sup>, conhecida na literatura por Curva de Kuznets. Semelhantemente, a CKA procura estimar as relações entre o crescimento da renda per capita e a emissão de poluentes ou depleção de recursos naturais. A hipótese básica da CKA é a de que, inicialmente, haveria uma correlação positiva entre crescimento da renda per capita e a emissão de poluentes. Com o avanço do desenvolvimento econômico, a relação se tornaria negativa a partir de um determinado ponto.

As pesquisas sobre a CKA começaram no início da década de 90 e desde essa época as mesmas, segundo BARBIER (2003), têm crescido. Como é uma hipótese falseável, existe um grande interesse por parte dos economistas em testá-la, por meio de vários indicadores ambientais relacionados ao crescimento da renda per capita, seja utilizando análise *cross-section*, seja análise temporal para países, regiões, estados e cidades (idem, ibidem).

---

<sup>19</sup> FRIEDL e GETZNER (2003) consideram que a abordagem mais promissora para a CKA seria a investigação, de caráter individual, de dados de séries temporais de países que dispusessem de registros históricos confiáveis sobre política ambiental, relações comerciais e reflexos internos de choques externos.

<sup>20</sup> As pesquisas empíricas para a CKA do CO<sub>2</sub> têm se baseado em três especificações possíveis para a curva: linear, quadrática (“U” invertido) e especificação cúbica (forma de “N”, quando as expectativas dos sinais dos parâmetros são confirmadas, ou de “S” invertido, tal como seu antípoda refletido no espelho, quando os sinais dos parâmetros se invertem).

Por que haveria uma relação em forma de “U” invertido para a CKA? Por que inicialmente a poluição é incrementada com o crescimento econômico e, a partir de um certo nível de renda, começaria a decair?

As razões levantadas como explicação para a CKA em forma de “U” invertido são várias. Por exemplo, com o avanço do progresso científico e tecnológico, haveria uma tendência crescente, por parte da sociedade, de adoção de tecnologias menos intensivas em recursos naturais e, portanto, menos poluentes e mais eficientes do ponto de vista econômico-ambiental, as chamadas “tecnologias limpas” ou “tecnologias verdes”. No entanto, segundo observam REIS e CUNHA-E-SÁ (2003), uma economia só adotaria tal tipo de tecnologia apenas quando tivesse um grande estoque de capital físico, o que implica no fato de que a elasticidade de substituição intertemporal inversa esteja no intervalo entre zero e um. Seguindo esse raciocínio, a adoção de tecnologias limpas pode não ocorrer, exceto quando a economia tiver acumulado suficiente estoque de capital físico. Isso pode ser explicado pelo fato de que as vantagens da adoção daquelas tecnologias são correlacionadas positivamente ao nível do estoque de capital físico. Quanto maior esse nível, maior o benefício da adoção. Dessa forma, a economia teria que esperar até atingir um certo nível de capital físico para realizar a substituição das tecnologias poluentes pelas “tecnologias verdes”. Conforme Reis e Cunha-e-Sá argumentam, a adoção de tecnologias limpas poderia ser agilizada, por parte dos países com relativa escassez de capital físico, a fim de melhorar a qualidade ambiental em nível global, se os países desenvolvidos adotassem critérios específicos com esse objetivo, como, por exemplo, a realização de investimentos diretos condicionados à adoção daquelas tecnologias. As autoras destacam também que os altos custos e, conseqüentemente, o retardamento da adoção de tecnologias verdes nos países em desenvolvimento podem ser um reflexo das ineficiências e distorções de seus sistemas institucionais. Opinião idêntica é partilhada por BARBIER (ibidem), que destaca o papel negativo da corrupção e da má-burocracia como explicação do desvio do comportamento padrão da CKA para certos países.

Outra explicação para o formato da CKA seria o incremento da consciência ambiental, principalmente nos países mais desenvolvidos, onde a mesma é mais aguçada, também contribuiria para o aumento das exigências sociais para a inclusão das variáveis ambientais no processo de formulação das políticas públicas. Dessa forma, quanto mais rica a sociedade maior a sua demanda por qualidade ambiental, a qual

possui características de ser um bem público<sup>18</sup>, isto é, não-rivalidade e não-exclusividade, portanto passíveis de intervenção governamental. Neste sentido, BOVENBERG e SMULDERS (1995) procuraram estabelecer qual seria uma política ambiental consistente para perseguir o crescimento econômico de longo prazo, com um modelo de crescimento endógeno. Os autores, nesse trabalho, exploram as condições que permitem alcançar o crescimento econômico que preserva a qualidade ambiental, chegando a duas conclusões importantes sobre a formulação das políticas ambientais:

a) Em uma trajetória ótima de crescimento, as receitas dos chamados “impostos verdes” (ou de permissões de poluição) superam os gastos com tecnologias poluentes. Com isso, o tamanho ótimo do orçamento governamental estaria positivamente correlacionado com a preocupação ambiental;

b) Duas forças antagônicas afetam a taxa de crescimento econômico de longo prazo. De um lado, a diminuição do emprego de insumos poluentes implica em diminuição do crescimento para os países e setores que detêm vantagens comparativas com seu emprego. Por outro lado, a queda da poluição implica em melhoria da qualidade ambiental, influenciando de forma positiva a produtividade e o crescimento. Este segundo efeito pode contrarrestar o primeiro, dependendo do papel atribuído à qualidade ambiental pela sociedade, não só em termos de aspectos utilitários, mas também em termos de aspectos produtivos. Quanto maiores os efeitos positivos da qualidade ambiental sobre a produtividade, melhores serão os padrões de crescimento econômico no longo prazo.

Sendo um bem público, a qualidade ambiental não é fornecida em um mercado puro. Os agentes econômicos, sejam eles consumidores ou produtores, considerados de forma individual, procuram maximizar seus benefícios ao lidar com os recursos

---

<sup>18</sup> O bem público apresenta a propriedade de o seu consumo por um indivíduo não influenciar o consumo de outro indivíduo. A rivalidade de um bem implica em que o seu consumo individual exclui automaticamente outra pessoa de seu consumo. Quando um bem é dito não-rival, o benefício que o mesmo proporciona ao ser consumido por um indivíduo não depende dos benefícios auferidos por outros indivíduos. A exclusividade de um bem implica em que o seu proprietário ou fornecedor pode proibir ou afastar de seu consumo as pessoas que não pagaram pelo bem. No caso do bem não-exclusivo, isso não pode ser feito. Os bens públicos apresentam a característica de serem ao mesmo tempo não-rivais e não-exclusivos. Ex: as vias públicas. O tráfego em uma rua por um usuário qualquer não exclui outros usuários de nela transitarem, nem a autoridade pública pode proibir (considerando uma situação de normalidade) qualquer indivíduo de usá-la ou exigir um pagamento antecipado deste para nela transitar. Outros exemplos de bens públicos são a qualidade do ar e dos rios. A abordagem neoclássica determina a quantidade ótima de bens públicos ofertada por um planejador central com informação completa sobre as preferências dos agentes individuais e com poder suficiente para estabelecer impostos do tipo *lump-sum* DRAZEN (2000).

naturais, ignorando e não internalizando os efeitos que suas decisões têm sobre a degradação do meio ambiente. Aqui entra em cena o comportamento do *free-rider*. Como cada agente individualmente espera que somente os outros venham a contribuir para a qualidade ambiental, ele mesmo quer extrair apenas benefícios. No entanto, a poluição agregada depende das decisões individuais. Sem que ninguém individualmente tome a decisão de melhorar a qualidade ambiental, a poluição só tende a crescer na ausência de intervenção governamental. Sem esta, os produtores não enfrentariam nenhum custo em sua decisão de poluir ao máximo o meio ambiente, visando a assegurar o máximo de benefícios individuais, o que conduz à famosa “tragédia dos comuns”, com a qualidade ambiental reduzindo-se para níveis insustentáveis, tanto para a continuidade da produção, como da própria vida. Para evitar que tal situação venha a ocorrer, é imprescindível a intervenção governamental, por meio da instituição de “impostos verdes” ou de licenças para poluição, conforme BOVENBERG e SMULDERS (ibidem).

O fato é que essas explicações trazem implícita a assertiva de que, com o avanço do desenvolvimento econômico, tais mudanças em direção a uma melhor qualidade ambiental ocorreriam em função de escolhas políticas. Tendo em vista o desperdício e a degradação dos recursos naturais, haveria a constituição, em sociedades mais afluentes, de grupos de pressão que defenderiam, junto aos formuladores das políticas públicas, a otimização do uso dos recursos naturais, por meio da implementação de legislações mais avançadas sob a ótica ambiental. Sendo assim, esses processos não seriam exógenos, como alguém menos informado poderia supor à primeira vista, conforme BARBIER (2003). Na próxima seção será tratada com maior especificidade, embora de modo sucinto, a questão da qualidade ambiental e do uso racional dos recursos naturais sob o ponto de vista da *Public Choice*.

### **1.5. Arranjos institucionais, resultados das trocas sociais e sustentabilidade**

As regras comportamentais (costumes), normas e leis sociais surgiram da necessidade de conferir previsibilidade à conduta humana e de maximizar o bem-estar individual e coletivo, eliminando ou restringindo a desordem e a anarquia, conforme SCULLY (1992), em quem nos baseamos para escrever esta seção. No que concerne à questão ambiental e à otimização do uso dos recursos naturais, é imprescindível que o marco regulatório legal adotado por cada sociedade seja eficiente e eficaz, além de

apresentar transparência, para que se obtenha as condições propícias para o alcance da equidade intergeracional, conforme os critérios discutidos em seções anteriores. Isso eliminaria a possibilidade da rápida exaustão dos recursos naturais oriunda da competição predatória e, portanto, a ocorrência da chamada “tragédia dos comuns”.

A economia clássica assumia a premissa de que os seres humanos são egoístas, colocando o interesse das pessoas como critério balizador do seu agir em sociedade. Assim, o objetivo de cada pessoa seria maximizar o seu bem-estar individual. Mas, para que esse objetivo pudesse ser alcançado coletivamente, esse agir individual auto-interessado teria que observar as chamadas “regras do jogo”. Os parâmetros reguladores do comportamento social estão expressos nos arranjos institucionais que abarcam os costumes, leis e normas jurídicas de uma sociedade. Para poderem transcorrer sem sobressaltos, as relações de troca e de produção de um organismo social devem estar sistematizadas e reguladas de modo transparente, dentro de um arcabouço jurídico, econômico e político que reflita o cenário institucional acordado pelos indivíduos dessa sociedade. Assim, os ganhos decorrentes da produção e das trocas realizadas devem ser distribuídos de acordo com o que prevêm os contratos estabelecidos e previamente aceitos pelos indivíduos envolvidos.

Os diferentes arranjos institucionais adotados por qualquer sociedade, sob a ótica da coletividade como um todo ou de grupos específicos, podem se revelar eficientes ou ineficientes. Essa eficiência pode ser avaliada em termos dos resultados obtidos com a adoção de determinado conjunto de regras e de normas institucionais. Se esse arranjo institucional implica em aumento da riqueza privada ou da utilidade individual e coletiva, pode ser dito que o mesmo é eficiente do ponto de vista de Pareto. Diz-se que um arranjo institucional é Pareto-eficiente<sup>21</sup> se permitir que todos os indivíduos de uma sociedade se beneficiem de sua adoção, facilitando as trocas ou reduzindo os custos de transação. Já a situação hipotética em que os ganhos sociais superam as perdas é classificada como Hicks-Kaldor eficiente. É uma regra redistributiva, já que em decorrência de sua vigência alguns indivíduos ganham e outros necessariamente perdem. No entanto, o saldo líquido social deve ser positivo para que seja satisfeita a condição de eficiência. Uma regra Hicks-Kaldor eficiente pode ser transformada em regra Pareto-eficiente, desde que inexistam custos de redistribuição de renda. Quando um arranjo institucional implica em perdas sociais maiores que os ganhos envolvidos,

---

<sup>21</sup> Ou ótimo de Pareto, que traduz um equilíbrio no qual não se pode aumentar o bem-estar de qualquer indivíduo sem diminuir o de outro.

diz-se que o mesmo é Hicks-Kaldor ineficiente. O *rent-seeking* representa um típico arranjo institucional com essa natureza. Em se tratando de recursos naturais de propriedade comum, como a água de rios, mares e oceanos, o ar atmosférico e cardumes de peixes em alto mar, é grande o incentivo para o surgimento do comportamento carona adotado pelo *free-rider*. Na melhor das hipóteses, essa atividade representa um jogo de soma-zero. Nenhum mecanismo de compensação pode transformar uma regra Hicks-Kaldor ineficiente em Pareto-eficiente.

Para regular a competição dos indivíduos pelos ganhos da produção e das trocas, principalmente quando estão envolvidos recursos naturais de propriedade comum, que se caracterizam como bens públicos, as “regras do jogo” devem estabelecer os parâmetros balizadores da provisão desses bens. Nesse sentido, o arranjo institucional adotado irá influenciar tanto o modo como será gerada a riqueza - e o correspondente padrão de crescimento econômico em termos de adequação aos critérios preconizados pela sustentabilidade -, afetando a eficiência; e influenciará o modo como essa riqueza será distribuída, isto é, determinará o nível de equidade social e de bem-estar coletivo e individual.

O grau de influência, sobre a eficiência e a equidade sociais, do arranjo institucional, irá depender fundamentalmente de dois fatores: a) a clareza da divisão de direitos e de deveres entre reguladores e regulados, refletida pelo sistema legal adotado por meio do contrato constitucional e b) credibilidade do governo em fazer cumprir os dispositivos expressos no contrato. Dessa forma, quanto mais transparente for o marco regulatório institucional e maior a credibilidade dos governos em fazer com que o mesmo seja cumprido, tanto mais eficiente e equânime tende a ser uma determinada sociedade, quanto ao processo alocativo de recursos. Por conseqüência, quanto mais eficiente na alocação de recursos for essa sociedade e maior o incentivo ao cumprimento das regras do jogo, sob a ótica dos critérios da sustentabilidade, tanto maiores serão os efeitos positivos sobre a sua equidade intergeracional, a otimização do uso de seu capital natural e a qualidade do seu meio ambiente.

As leis originadas do custo de trocas e das relações humanas (*common law*) geralmente são benéficas do ponto de vista da eficiência e da equidade, pois aceleram a criação de riqueza e diminuem as atividades de *rent-seeking*, dando menor espaço para as atividades que trazem prejuízos ao meio ambiente ou que são contraproducentes do ponto de vista da otimização do uso dos recursos naturais. Em regimes de *common law*, que representam um conjunto comum de regras de ordenamento social, o custo de

privatizá-las em benefício individual é muito alto. Já os regimes de *civil law*, baseados em estatutos e regras administrativas, surgem dos resultados dos embates do mercado político de idéias. Em governos ditatoriais, a *civil law* representa os interesses de grupos classistas associados ao poder. Em governos representativos, baseia-se nos interesses de uma maioria soberana. Na *civil law*, os legisladores buscam elaborar as leis de modo a refletir os interesses das coalizões a quem devem prestar contas. Dessa forma, a *civil law* embute características mais redistributivas que a *common law*. Isto é, leis decorrentes da atividade legislativa são mais redistributivas que leis privadas. A *common law* apenas sanciona um comportamento precedente e aceita como norma de conduta social. Assim, a inovação legal é controlada pelas restrições das normas sociais vigentes, limitando-se a incerteza sobre a evolução posterior da atividade legislativa. A *civil law*, ao contrário, permite que os legisladores desconsiderem aspectos legais estabelecidos por legislaturas anteriores, o que introduz nesse regime um componente de maior incerteza, o que irá se refletir na eficiência da economia.

### **1.5.1. Free-riders, Teoria dos Jogos e sustentabilidade**

Diferentemente da provisão de bens públicos financiados por impostos, a provisão voluntária, conforme o próprio nome indica, não pode ser forçada. Mesmo os indivíduos que não contribuíram para essa provisão e que se beneficiam dela não podem ser obrigados a contribuir. Se, por exemplo, um indivíduo mantém o jardim de sua casa bem cuidado toda a sua vizinhança irá se beneficiar disso, mas nenhum vizinho poderá ser obrigado a contribuir para a manutenção daquele jardim, mesmo que dele derive um prazer estético. Todos querem desfrutar de um meio ambiente saudável, com ar puro e rios não-poluídos, mas a grande maioria espera que os outros tomem a iniciativa de agir nesse sentido, se permitindo poluir o ar e os rios à vontade, desde que não surja nenhuma restrição a isso, como impostos e multas. Muitos se beneficiam de serviços voluntários, mas somente alguns se oferecem para realiza-los. Nesse caso, surge o problema do *free-rider*, isto é, do indivíduo que apenas deseja se beneficiar da provisão voluntária de bens públicos, como a qualidade ambiental, sem dar uma contrapartida em termos contributivos, aproveitando-se das características de não-rivalidade e de não-exclusividade dos bens públicos. O problema do *free-rider* é fundamental para a

provisão voluntária desses bens e tem sido chamado de “problema da ação coletiva”, seguindo a terminologia adotada por Mancur Olson em seu livro *A Lógica da Ação Coletiva* citado por DRAZEN (2000).

Nem toda situação classificada como provisão voluntária de bens públicos deve ser classificada como um potencial problema de ação coletiva, isto é, uma situação envolvendo *free-riders*. Com o objetivo de esclarecer essa questão, podemos citar o exemplo de um jogo proposto por CLARK (1990), modificado por nós, em termos de Economia dos recursos naturais.

Nesse jogo existem dois indivíduos, os quais exploram um determinado estoque de um recurso natural renovável de propriedade comum. Esses indivíduos podem seguir duas estratégias alternativas: conservar o recurso natural ou exauri-lo. Para conservar o recurso, os dois terão que estabelecer entre si, aprioristicamente, um acordo cooperativo, o qual redundará em benefício para os mesmos apenas se uma das partes não tomar a iniciativa de trapacear a outra. Tomando como exemplo o “Dilema dos Prisioneiros”, da Teoria dos Jogos, sabe-se que o *payoff* que representa o maior ganho em termos individuais é aquele em que um jogador trapaceia e o outro não. A tabela 1, mostrada a seguir, ilustra um jogo desse tipo. Atribui-se a cada indivíduo um nível de utilidade correspondente ao resultado da estratégia conjunta de ambos, onde, no par (i, j), i representa o nível de utilidade associada ao indivíduo 1 e j o nível de utilidade associada ao indivíduo 2:

Tabela 1.1. Dilema dos Prisioneiros: Conservação ou degradação dos recursos naturais

		Indivíduo 2	
		Conservação	Degradação
Indivíduo 1	Conservação	I (15,15)	II (-5,25)
	Degradação	III (25, -5)	IV (-5,-5)

Nas células I, II, III e IV da tabela, observam-se os *payoffs* da ação de cada indivíduo. Se ambos indivíduos observarem as regras do acordo, o nível de utilidade correspondente a cada indivíduo será de 15. Nesse *payoff*, o nível de utilidade conjunta será o máximo dentre os *payoffs* existentes: 30. Mas nesse jogo há vantagens em um indivíduo trapacear o outro, considerando que este não retalie. Se o indivíduo 1 observar as regras do acordo e o indivíduo 2 trapacear, este último terá um nível de utilidade correspondente a 25, enquanto o primeiro terá uma desutilidade correspondente a -5, já

que apenas o indivíduo trapaceiro se beneficiará da exploração do recurso natural, exaurindo-o. Da mesma forma, se o jogador 2 observar as regras e o jogador 1 trapacear, este elevará o seu nível de utilidade para 25, enquanto o primeiro terá uma perda de -5. Já que existe um incentivo para cada indivíduo trapacear, o resultado se deteriora em um equilíbrio negativo do ponto de vista individual e coletivo, com a exaustão completa do estoque do recurso natural. Se ambos violarem as regras, ambos serão prejudicados, e o nível de desutilidade dos dois jogadores será igual a -5. Essa combinação representa o mais baixo nível conjunto de utilidade, igual a -10, pois ambos os indivíduos perdem.

O arranjo institucional representado pela célula I será uma combinação eficiente do ponto de vista de Pareto, porque o nível de utilidade conjunta dos dois indivíduos será máximo, correspondente a 30, e cada indivíduo beneficia-se, de modo idêntico, do arranjo institucional de observar as regras do acordo, conservando o estoque do recurso natural. As células II e III representam combinações de arranjos institucionais Hicks-Kaldor eficientes do ponto de vista social, já que, embora um dos indivíduos perca utilidade ao ser trapaceado, o outro é beneficiado pela violação das regras e maximiza sua utilidade. O ganho social líquido é positivo em cada um dos *payoffs* II e III. No entanto, esses *payoffs* são arranjos Pareto-ineficientes, pois embora um dos indivíduos ganhe ao trapacear, o outro perde com essa redistribuição. Em cada um desses *payoffs*, o nível de utilidade conjunta é igual a 20, inferior ao ótimo social representado na célula I. A célula IV representa uma combinação ineficiente, tanto do ponto de vista paretiano como do ponto de vista de Hicks-Kaldor. É o pior resultado dentre os quatro resultados possíveis, tanto do ponto de vista coletivo, como do ponto de vista individual, pois representa a completa exaustão do recurso natural, caracterizando a chamada “tragédia dos comuns”, indesejável sob qualquer ponto de vista. Conforme observa Clark, evidencia-se por este exemplo a deficiência da “mão invisível” de Smith em competição pura, na obtenção do ótimo social, quando estão envolvidos recursos naturais de propriedade comum ou a qualidade ambiental.

Considerando um jogo qualquer com dois participantes, os *payoffs* possíveis nesse jogo são representados pelo par  $(A_{i,j}, B_{i,j})$ . Para  $N$  estratégias, tem-se que  $i \geq 1$  e  $N \geq j$ . A solução competitiva de Nash para o par de estratégias  $i^*$  para o jogador A e de estratégias  $j^*$  para o jogador B, possui a seguinte propriedade

$$\begin{aligned} A_{i^*j^*} &\geq A_{ij^*} \quad \forall i \\ B_{i^*j^*} &\geq B_{i^*j} \quad \forall j \end{aligned} \tag{1.16}$$

Dessa forma, qualquer estratégia  $i^*$  do jogador A é maximizadora em relação a qualquer outra estratégia  $i$ , com a condição de que o jogador B lance mão da estratégia  $j^*$ , o que vale também para a situação oposta. No jogo anterior, a *payoff* que representa a estratégia competitiva é representado pela célula IV, degradação-degradação. NASH (1951) conseguiu provar que todo jogo finito possui uma solução competitiva, desde que estratégias mistas estejam envolvidas.

Já soluções cooperativas para qualquer jogo podem ser estabelecidas segundo o critério da otimalidade de Pareto. Um par qualquer  $(i', j')$  é dito ótimo de Pareto se não houver nenhum outro par tal que

$$\begin{aligned} A_{ij} &\geq A_{i'j'} \\ B_{ij} &\geq B_{i'j'} \end{aligned} \tag{1.17}$$

onde pelo menos uma das desigualdades é estrita ( $>$ ). Assim, uma estratégia qualquer é paretiano-ótima se não houver possibilidade de melhorar o bem-estar de qualquer indivíduo sem diminuir o bem-estar de outro. No jogo anterior, a estratégia que corresponde a esse critério, conforme vimos anteriormente, é representado pela célula I, conservação-conservação.

## 2 – ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS, TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A moderna economia surgiu com os liberais ingleses da Escola Clássica, dentre os quais Adam Smith foi seu maior expoente. Esses pensadores viveram numa época de excessiva intervenção do Estado na economia, baseada no sistema mercantilista, e contra esse fato lutaram. O mercantilismo propunha a acumulação de metais preciosos, através do comércio, como o principal meio para o enriquecimento de um país. O bem-estar dos cidadãos ficava em segundo plano. Com o objetivo de assegurar a maior riqueza possível para as suas respectivas nações, os mercantilistas recomendaram um controle estrito dos fatores de produção, como terra, capital e trabalho, pelo Estado, por meio de uma regulamentação generalizada, o que gerava muitas distorções na economia. Cabe dizer que foi sob a égide do mercantilismo que as antigas potências marítimas européias, como Portugal e Espanha, se lançaram à exploração das riquezas das terras recém-descobertas à época, onde procuraram extrair a maior quantidade possível de recursos naturais, sem maiores preocupações com quaisquer critérios de conservação ambiental. As colônias de exploração européias se constituíram em meras fontes fornecedoras de matérias-primas a baixo custo a suas respectivas metrópoles , OSER E BLANCHFIELD (1983).

Os liberais, por outro lado, inspirados pelas idéias do filósofo inglês John Locke e de outros pensadores, sempre se opuseram à interferência do Estado na vida dos cidadãos. Ao invés disso, eles recomendavam o incentivo à iniciativa individual para que se alcançasse o maior bem-estar possível na sociedade. Adam Smith, tomando como referência o pensamento dos fisiocratas franceses, os quais defendiam o *laissez-faire* e a agricultura, por meio do *produit net* ou excedente líquido que gerava para a economia, como verdadeiros motores do crescimento econômico; bem como as idéias de outros pioneiros ingleses, como William Petty, propôs a seguinte recomendação como caminho mais acertado para o enriquecimento de um país: “Para transformar um Estado do mais baixo barbarismo ao mais alto grau de opulência são necessários: paz, tributação leve e uma tolerável administração da justiça. Todo o resto vem pelo curso natural das coisas”<sup>1</sup>. Smith foi inflexivelmente contrário à interferência governamental

---

<sup>1</sup> Adam Smith, *Essays on Philosophical Subjects*, 1755.

na economia, pois considerava que isso atrapalhava o crescimento, já que “os próprios reis e ministros são sempre os maiores perdulários da sociedade, SMITH [1776] (1981, p. 163).

Vivendo em um cenário intervencionista, os liberais clássicos propuseram a adoção de uma política totalmente contrária às premissas mercantilistas. Para os liberais, a riqueza nacional era nada mais que o agregado da riqueza individual e a simples acumulação de metais preciosos não conduziria ao progresso. Este, segundo o liberalismo econômico, só poderia ser alcançado por uma eficiente divisão do trabalho. Quanto mais especializados fossem os indivíduos, maior seria a eficiência da economia. Para isso, a máxima liberdade possível deveria ser concedida às pessoas, no sentido de que estas empregassem suas habilidades naturais naquelas atividades para as quais estivessem mais capacitadas. Dessa forma, a melhor política seria a da livre mobilidade dos fatores produtivos, permitindo que a mão invisível, isto é, o mercado, alocasse os recursos do modo mais eficiente possível. Quanto maior a produtividade dos fatores empregados na produção, tanto maior a riqueza que seus habitantes iriam acumular. Nesse caso, a riqueza de uma nação passaria a ter como medida a produtividade de seu povo. Mas, primeiro, as excessivas regulamentações do mercantilismo precisariam ser removidas. Assim, os liberais empreenderam uma luta sem trégua contra as corporações de ofício, as miríades de taxas, de impostos e de tributos; as altas tarifas alfandegárias, os subsídios, os monopólios e tantas outras restrições que emperravam o bom funcionamento da economia. O objetivo era a alocação ótima dos fatores produtivos. Por isso, estes teriam de fluir, sem empecilhos, para onde pudessem obter o maior retorno possível, OSER E BLANCHFIELD (ibidem).

Portanto, na ótica clássica o crescimento econômico era o resultado da conjugação de uma série de fatores: acumulação de capital, investimento em capital humano, isto é, aumento das habilidades da força de trabalho; economias de escala e aumento da especialização associada com a ampliação do mercado. Em contrapartida, podemos perceber que o meio ambiente tinha apenas um papel acessório no esquema clássico: o de fornecedor de matérias-primas para o processo produtivo e de depositário dos resíduos desse mesmo processo.

No esquema clássico a presença institucional do governo deveria funcionar como instrumento garantidor do cumprimento dos contratos e do respeito à vida e à propriedade, ao fornecimento dos bens públicos e à defesa externa. No século XIX, período em que as idéias da Escola Clássica predominaram, o aumento da participação

do Estado na economia foi reduzida a zero, segundo MYHRMAN (1985). Ao Estado competia basicamente fazer uso do seu poder coercitivo como garantia do respeito aos contratos e à liberdade individual, além da defesa externa.

Saindo do campo teórico para o campo prático, os resultados dessa batalha entre liberais e intervencionistas penderam visivelmente em favor dos primeiros. Como exemplo, pode ser citado que, na época da expansão comercial e marítima européia, no início do século XVI, a China imperial apresentava um patamar de desenvolvimento similar aos dos principais países do Ocidente, entre eles a Inglaterra, segundo SCULLY (1992). Mas a partir da Revolução Industrial, a situação foi radicalmente modificada. Enquanto o *laissez-faire* e a “mão invisível” de Smith conduziam o Império Britânico ao posto de principal potência mundial, a China, com sua filosofia confucionista adepta do dirigismo estatal, entrava numa fase de declínio prolongado do qual só começou a sair recentemente, justamente depois de adotar medidas de liberalização da sua economia.

A política econômica clássica liberal, assentada na pedra angular do livre mercado, permitiu que países como Inglaterra e Estados Unidos ingressassem numa era de desenvolvimento sem paralelo na história da humanidade, conforme SCULLY (ibidem). Com o passar do tempo, muitas das contribuições dos economistas clássicos foram incorporadas à teoria econômica de um modo mais formal, através da revolução marginalista e da síntese neoclássica marshalliana. Em ambas, as preocupações relativas à intervenção do Estado foram relegadas ao segundo plano ou ao esquecimento, OSER E BLANCHFIELD (ibidem).

Dois dos principais postulados da Escola Clássica foram incorporados posteriormente à moderna Teoria do Crescimento Econômico: os rendimentos decrescentes na produtividade dos fatores produtivos e a premissa de que os países mais pobres poderiam superar o seu atraso em relação aos países mais ricos por meio do investimento na acumulação de capital e do avanço tecnológico.

Os princípios da economia neoclássica permaneceram inquestionados até a Grande Depressão, quando contrariamente ao que afirmavam os pressupostos neoclássicos, o desemprego grassava de forma generalizada e persistente. Foi esse cenário que permitiu a eclosão do pensamento keynesiano. Keynes afirmou que, contrariamente ao que ensinava a economia neoclássica, o desemprego era uma característica estrutural da economia, em decorrência da rigidez de preços e salários, que não se ajustavam automaticamente rumo ao equilíbrio. Como remédio para a

ressurgência dos ciclos recessivos, numa época de depressão econômica, a revolução keynesiana recomendou a expansão fiscal, que segundo Keynes estimularia a demanda agregada e permitiria lançar a economia numa trajetória de crescimento rumo ao pleno emprego, KEYNES [1936] (1982)<sup>2</sup>.

Efetivamente, muitos governos, seguindo a recomendação de Keynes, utilizaram o déficit público como instrumento de recuperação econômica no pós-guerra, além de perseguirem uma política de taxas de juros reais negativas, conforme SCULLY (ibidem). Concomitantemente ao aumento do papel do Estado como planejador e orientador do processo econômico, ampliou-se significativamente o número e o tamanho dos grupos de interesse rentistas, drenando, em muitos casos, recursos do setor privado para atividades improdutivas do ponto de vista social, favorecendo o desperdício, a ineficiência alocativa e, conseqüentemente, minando o potencial de crescimento econômico.

O fato é que o êxito da intervenção estatal na economia restringiu-se a muito poucos casos. Entre esses raros casos, os NIC's asiáticos são freqüentemente citados como exemplos de países que avançaram rumo ao desenvolvimento como resultado do planejamento governamental. No entanto, diferentemente dos países da América Latina, que privilegiaram o papel do Estado e criaram economias autárquicas altamente protegidas, baseadas na substituição de importações, os NIC's pautaram a sua estratégia desenvolvimentista seguindo uma política de abertura ao comércio exterior, alocação dos recursos por meio do mercado e liberdade econômica, SCULLY (ibidem). A comparação do desempenho econômico e social, ao longo do tempo, desses dois grupos de países, mostra resultados diametralmente opostos. Enquanto a maior parte dos países latino-americanos apresenta índices elevados de pobreza e de concentração de renda, os NIC's exibem hoje indicadores comparáveis aos dos países mais desenvolvidos. Em comum, os dois grupos de países apresentam a semelhança de não terem privilegiado,

---

<sup>2</sup> A contribuição keynesiana foi o ponto de partida para o estabelecimento das bases da teoria macroeconômica e dos modelos de crescimento da economia, sendo incorporada por Harrod e Domar à teoria do crescimento econômico. O modelo de Harrod-Domar está baseado numa tecnologia de insumos fixos de Leontieff, cujas três principais variáveis são  $\frac{K}{Y}$ , que é a razão capital-produto ; a taxa de poupança e a taxa de crescimento populacional. Da dinâmica dessas três variáveis depende a dinâmica do crescimento econômico ao longo do tempo. Apesar de apresentar a vantagem da simplicidade, o modelo de Harrod-Domar apresenta a desvantagem de ser instável, já que o mesmo só assegura o crescimento econômico equilibrado se houver crescimento harmonioso das suas três variáveis. Se ocorrer desequilíbrio no crescimento das mesmas, o modelo não possibilita o retorno à condição de equilíbrio anterior.

inicialmente, a manutenção da qualidade ambiental e otimização do uso dos recursos naturais em seus processos de desenvolvimento, daí decorrendo a acumulação de problemas como a poluição intensa do ar e dos recursos hídricos.

O caso do ex-bloco soviético, que chegou no passado a ser apontado como caso de sucesso por alguns estudiosos conforme SCULLY (ibidem), é ainda mais emblemático. Porém, a privação da liberdade individual engendrou a ineficiência da economia, a qual contribuiu de modo decisivo para o colapso daqueles regimes ditatoriais. Atualmente, várias nações que faziam parte do antigo bloco soviético lutam com uma difícil transição para a economia de mercado, já que suas sociedades permaneceram durante muito tempo sob a tutela do Estado, que se empenhava ao máximo para sufocar o espírito de livre iniciativa de seus cidadãos. Muitos desses países, após o colapso de seus respectivos regimes socialistas, apresentaram queda da renda per capita durante vários anos seguidos, incorrendo em uma sistemática desacumulação de capital. Além disso, os recursos naturais e o meio ambiente desses países, durante a época do socialismo, em função da busca do crescimento econômico acelerado, não foram explorados de modo sustentável, sendo degradados de forma intensiva. Um dos mais sintomáticos exemplos desse fato é o caso do Mar de Aral, citado no capítulo anterior.

## **2.1.O Modelo de crescimento econômico de Solow**

O trabalho seminal de Robert Solow, *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, de 1956, é um dos pilares principais sobre o qual se assenta a moderna teoria do crescimento econômico de longo prazo<sup>3</sup>. Neste trabalho, Solow retoma a iniciativa dos chamados economistas do “lado da oferta”, que desde a publicação do livro Teoria Geral de Keynes, em 1936, e da conseqüente revolução Keynesiana, tinham ficado na defensiva. Keynes havia argumentado em seu livro que o melhor meio para alcançar o pleno-emprego seria estimular era através do estímulo à demanda agregada. Solow reafirma a visão herdada da teoria clássica, na qual se sustentava que o dínamo gerador

---

<sup>3</sup> SOLOW (1994) considera que os outros dois pilares da moderna Teoria do Crescimento Econômico são o modelo de crescimento econômico de Harrod-Domar e a chamada Nova Teoria do Crescimento Econômico ou Teoria do Crescimento Econômico Endógeno.

do crescimento econômico de um país está no aumento contínuo dos seus fatores de produção.

Nações industriais como os Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e Japão, dentre outras, realizaram o seu desenvolvimento com o suporte de instituições que garantiam o cumprimento dos contratos, respeitavam e estimulavam a iniciativa individual, e privilegiavam o mercado como balizador por excelência na alocação dos recursos produtivos. No entanto, teóricos do desenvolvimento econômico, principalmente aqueles ligados aos países atrasados, argumentavam que o desenvolvimento desses países não poderia ser alcançado seguindo a trilha tradicional dos países ricos. Segundos esses teóricos, as instituições que garantiram a riqueza do mundo desenvolvido não eram adequadas aos países pobres e estes teriam que encontrar o seu próprio caminho, seguindo uma estratégia de desenvolvimento condizente com suas respectivas realidades, onde se privilegiasse o papel do Estado como gerenciador da economia, como meio mais rápido para superar o subdesenvolvimento, rompendo de vez com o ciclo da pobreza. Já Solow e outros teóricos do crescimento não atribuíram nenhum papel representativo em seus modelos às instituições, assegurando que o crescimento ocorreria de modo automático, desde que observadas as condições exigidas pelas equações desses modelos, SCULLY (1992).

A produção de um país, no modelo de crescimento de Solow original (1956), é realizada numa economia fechada com apenas dois fatores, capital e trabalho. Nesse modelo, os recursos naturais são considerados não-escassos, isto é, nenhum recurso natural é considerado não-exaurível. Essa função é representada matematicamente por

$$Y = f(K, L) \tag{2.1}$$

onde Y representa o produto, K o capital e L a mão-de-obra ou força de trabalho, respectivamente<sup>4</sup>. O nível de tecnologia é tomado como sendo exógeno. A renda per capita, nessa economia, pode ser representada pelo capital por trabalhador, isto é, pela razão capital-trabalho. Assumindo-se que a função é homogênea de grau um,

---

<sup>4</sup> No modelo de Solow, somente uma commodity é produzida, os agentes são considerados racionais e existe competição pura.

matematicamente a forma intensiva da mesma pode ser representada por  $y = f(k)$ , onde  $y = Y/L$  e  $k = K/L$ <sup>5</sup>.

A cada instante  $t$ , uma parte do produto é consumida e a restante é poupada. A parte poupada do produto, representada por  $s$ , é constante. No entanto, quando se considera a taxa de crescimento da poupança ao longo do tempo, esta passa a ser representada por  $S/Y = sY(t)$ . O investimento líquido é representado pela taxa de crescimento do estoque de capital, isto é,

$$I = \dot{k} = \frac{\partial k}{\partial t} \quad (2.2)$$

Considera-se que o investimento líquido iguala a taxa de poupança, ou seja,  $I = sY(t) = sf(K,L) = sf(k)$ <sup>6</sup>. Solow também assume que a população, ou força de trabalho, cresce a uma taxa constante exógena, de modo que

$$L = L_0 e^{nt} \quad (2.3)$$

onde  $n$  é o incremento da força de trabalho em decorrência do crescimento populacional<sup>7</sup>. Na ausência de mudança tecnológica,  $n$  deve ser entendido também como a taxa de crescimento da economia. O produto deve ser entendido como produto líquido após a depreciação do capital.

No seu modelo, Solow sustenta que a taxa de acumulação do capital está relacionada à taxa exógena de crescimento da força de trabalho e que a economia se dirige, após uma etapa de transição, rumo ao steady-state. A equação fundamental da acumulação de capital no modelo de Solow é representada por:

---

<sup>5</sup> A função de produção está sujeita às restrições do esquema padrão neoclássico. Assim, assume-se que ela tenha retornos constantes de escala, seja contínua, côncava, duplamente diferenciável, e satisfaça as condições de Inada, isto é,  $\lim_{k \rightarrow 0} f'(k) = \infty$  e  $\lim_{k \rightarrow \infty} f'(k) = 0$ . Além disso, a função não deve apresentar problemas de solução de canto (tanto o capital quanto o trabalho são essenciais para a produção em quaisquer níveis de produto). Posteriormente, Solow relaxa essa restrição sobre a forma da função de produção, com o objetivo de explorar os efeitos sobre as condições de estabilidade quando se considera a tecnologia de proporções fixas (função de produção de Leontieff), a função tipo Cobb-Douglas e a função de elasticidade constante (função CES). O modelo não incorpora os fatores cuja oferta é fixa, como a terra, o que induziria a economia a ter retornos decrescentes no capital e no trabalho, à maneira descrita por Ricardo.

<sup>6</sup> Posteriormente, Solow relaxa essa premissa para considerar uma razão de poupança variável que depende do real retorno do capital.

<sup>7</sup> Esta premissa é relaxada em seguida, onde Solow permite que a taxa de crescimento da força de trabalho varie em função da renda per capita.

$$\dot{k} = sf(k) - nk \quad (2.4)$$

Onde  $\dot{k}$  representa a taxa de variação da razão capital-trabalho,  $s$  é taxa de poupança,  $f(k)$  é o produto nacional bruto per capita,  $n$  é a taxa exógena de crescimento da população e  $k$  é a razão capital-trabalho.

Para que o sistema pudesse ser solucionado, além da curva de oferta do trabalho e da equação fundamental da acumulação do capital, ambos representados por duas equações, mas com três variáveis conjuntas, isto é,  $K$ ,  $L$  e  $n$ ; Solow incorporou ao seu modelo uma terceira equação, representada por

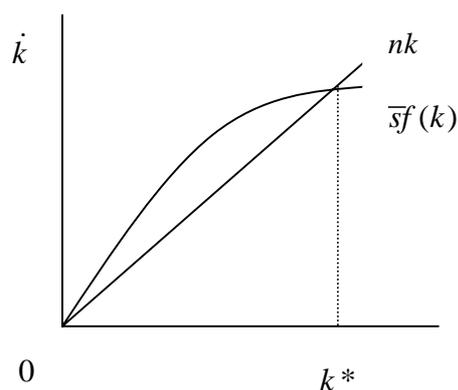
$$\frac{\partial F(K, L)}{\partial L} = w \quad (2.5)$$

Onde  $w$  é a taxa de salário que iguala a produtividade marginal do trabalho<sup>8</sup>.

Os resultados do modelo são apresentados na figura 2.1, onde podemos observar que  $nk$  é linear, dado que  $n$ , a taxa de crescimento populacional, é constante. A concavidade da função  $sf(k)$  é imposta para refletir a produtividade marginal decrescente do capital. Considerando qualquer nível inicial de combinação de capital e trabalho, observa-se que o mesmo converge monotonicamente rumo ao nível de steady-state, representado por  $k^* = sf(k^*) - nk^*$ . Na intersecção entre  $\bar{sf}(k)$  e  $nk$ , temos o ponto de equilíbrio, onde  $\dot{k} = 0$  representa o valor estável de  $k^*$ . Neste ponto, a economia cresce a uma taxa constante  $n$ . Se  $k < k^*$ , isto é,  $nk < sf(k)$ , a razão capital-trabalho irá crescer até atingir o ponto de equilíbrio  $k^*$ . Se, ao contrário,  $k > k^*$ , isto é,  $nk > sf(k)$ , a razão capital-trabalho irá declinar até retornar ao ponto de equilíbrio  $k^*$ .

---

<sup>8</sup> Assume-se que não existe desemprego na economia e a curva de oferta de trabalho é completamente inelástica.



**Figura 2.1 O processo de crescimento econômico segundo Solow**

Fonte: Solow (1956)

Considerando esses resultados, surge a implicação de maior peso do modelo de Solow: existiria uma convergência entre as taxas de crescimento dos países. As nações mais pobres cresceriam a uma taxa superior a das nações ricas. Isso aconteceria porque as economias capital-intensivas, isto é, de alta renda per capita, teriam taxas de retorno sobre o capital inferiores às taxas de retorno das economias de baixa renda per capita, ou trabalho-intensivas. Ampliando o modelo para uma economia aberta, o capital, com o objetivo de maximizar seu retorno, fluiria das nações ricas para as nações pobres. Com a continuação desse processo num horizonte de longo prazo, as rendas per capita das nações pobres e das nações ricas convergiriam para patamares idênticos.

Com o objetivo de verificar a hipótese de convergência entre os países, BARRO (1991) usa o conjunto de dados de SUMMERS-HESTON (1988) para analisar o crescimento da renda per capita de 98 países entre 1960-1985. A variável dependente é a taxa de crescimento real da renda per capita. A variável independente é representada pelo log da renda per capita de 1960. O principal resultado desse estudo é a ausência de uma relação nítida entre a taxa de crescimento e o log da renda per capita. O coeficiente que representa a velocidade de convergência,  $\hat{\beta}$ , apresenta-se com o sinal trocado, isto é, positivo; e a correlação também se mostrou positiva, igual a 0,22. Esses resultados indicariam uma tênue tendência de crescimento mais rápido dos países mais ricos em relação aos países mais pobres. Nesse caso, constatou-se divergência ao invés de convergência. No entanto, Barro mostra que o coeficiente  $\hat{\beta}$ , para essa amostra de

países, apresenta-se significativo desde que algumas variáveis permaneçam constantes. Essas variáveis seriam: taxas de matrícula nos níveis primário e secundário em 1960; consumo do governo como proporção do PIB de 1970 a 1985; *proxies* para a estabilidade política; e medidas de distorção de mercado baseadas na razão da paridade do poder de compra. Num trabalho posterior, BARRO E SALA-I-MARTIN (1992) analisaram a hipótese de convergência para os 48 estados continentais norte-americanos, concluindo que a mesma é bastante significativa. Nesse mesmo estudo, os autores retomam os dados utilizados por Summers-Heston (*ibidem*) para os países da OCDE que faziam parte da amostra mais ampla de 98 países e constataram que a velocidade de convergência para esses países desenvolvidos, no período de 1960-1985, foi significativa, demonstrando que os mesmos estão numa situação intermediária entre a amostra dos 98 países e o caso dos EUA. Dessa forma, considerando esses e outros estudos realizados para testar a hipótese de convergência, constatou-se que a mesma tem caráter condicional, existindo apenas clubes de convergência, isto é, a convergência só se daria considerando-se conjuntos de países com o mesmo nível de tecnologia e de preferências.

### **2.1.2 - O modelo de crescimento neoclássico tradicional e as opções de política econômica**

Pela ótica neoclássica, o crescimento econômico é decorrente da acumulação de fatores de produção, que conduzirá a economia ao nível de *steady-state*. Essa seção, baseada fundamentalmente em SCULLY (1992), discutirá quais opções de política econômica são possíveis, dentro do arcabouço da Teoria Neoclássica de Crescimento Econômico.

Ao longo do tempo, os países recorreram aos mais diversos tipos de políticas com o objetivo de lançar as suas economias numa trajetória de crescimento sustentado. No modelo de Solow, quanto maior a taxa de poupança da economia maior será a renda per capita no *steady-state*. Mas para aumentar a taxa de poupança, é necessário aumentar a taxa de juros, para que uma parte da renda destinada ao consumo seja poupada. Mesmo considerando que a oferta de poupança pudesse, na prática, ser inelástica à taxa de juros, muitos países conseguiram atrair investimentos externos,

perseguindo uma política de taxa de juros reais positivas ao longo do tempo e estabilidade de preços, como no caso de Taiwan. Semelhantes políticas foram adotadas pela Coreia do Sul e por Cingapura, com idênticos resultados.

Por outro lado, vários outros países em desenvolvimento seguiram um caminho inverso, optando pela política keynesiana de baixas taxas de juros. Em muitos casos, os níveis reais de taxa de juros foram mantidos negativos durante vários anos. O resultado foi o desperdício de recursos, já que, em decorrência desse subsídio, os investimentos passaram a ser capital-intensivos, ao invés de trabalho-intensivos. Assim, realizaram-se grandes investimentos em capital físico em detrimento do capital humano. Por isso, foi bastante comum, nesses países, a construção de plantas industriais superdimensionadas para atender mercados consumidores relativamente pequenos, onde numerosa mão-de-obra pouco qualificada não encontrava emprego.

Um outro canal através do qual se persegue o crescimento econômico é a liberalização do comércio externo. Essa política resulta em aumento das vantagens comparativas, corrige as distorções de preços relativos, estimula os fluxos de capital e a transferência de tecnologia do exterior. A combinação desses fatores permite a aceleração da taxa de crescimento da economia e o aumento da eficiência. Países que, como os NIC's asiáticos, adotaram tais medidas de política econômica, privilegiando a abertura ao exterior, alcançaram elevadas taxas de crescimento de forma sustentada.

Em compensação, vários outros países adotaram uma postura totalmente assimétrica na questão da abertura ao comércio externo, adotando o modelo de substituição de importações como âncora do crescimento. Com esse objetivo, fecharam a sua economia, por meio da imposição de elevadas tarifas alfandegárias, cotas de importação e concessão generalizada de subsídios à produção. Como resultado o desempenho econômico desses países, que decorreu dessa política autárquica, foi prejudicado pela ineficiência alocativa. Além disso, para estimular a compra de maquinaria no exterior, implementaram-se políticas de fixação ou controle da taxa de câmbio, permitindo que esta se mantivesse num nível sobrevalorizado. Esse tipo de política, no entanto, desestimulou a exportação.

Vários países em desenvolvimento também perseguiram políticas de controle da natalidade para acelerar sua taxa de crescimento econômico. A taxa de crescimento da força de trabalho, de acordo com o modelo neoclássico, contribui para o crescimento da economia, desde que taxa de acumulação do capital seja superior àquela taxa.

A concessão de direitos econômicos, civis e políticos é bastante limitada nos países menos desenvolvidos, onde o setor governamental desempenha um papel proeminente na economia. A importância relativa do Estado nesses países pode ser avaliada usando-se a relação entre a proporção dos gastos estatais e o PIB, geralmente bastante superior em relação à proporção dos países ricos. É bastante comum, nos países pobres, que a alocação dos recursos seja feita com base em critérios políticos, já que o peso dos grupos de interesse ligados a atividades de *rent-seeking* é determinante nesse quesito. Por conta desse fator, a corrupção é muitas vezes generalizada e o desperdício é muito grande, fazendo com que os recursos não sejam empregados nos setores onde o retorno é maior. Disso resultam ineficiência e baixo crescimento econômico, perpetuando o ciclo vicioso de pobreza. Esse mau desempenho dos países atrasados está intrinsecamente ligado a estruturas perversas de aplicação de direitos, conforme observa NORTH (1990). As elevadas taxações sobre o capital nesses países também desestimulam o investimento, reduzem o estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento, contribuindo para a estagnação. Os países em desenvolvimento que conseguiram escapar da armadilha da pobreza, ingressando num ciclo virtuoso com elevadas taxas de crescimento econômico, como os NIC's asiáticos, tiveram esse sucesso como consequência das políticas voltadas para o incentivo à iniciativa individual, principalmente por meio de um maciço investimento em capital humano, pesquisa e desenvolvimento, além de terem estabelecido vigorosas políticas de competitividade para suas empresas, com o objetivo de participar do comércio externo em condições favoráveis com as empresas de países mais desenvolvidos.

Conforme observa SCULLY (ibidem), atualmente está comprovado empiricamente que as seguintes políticas conduzem ao crescimento econômico sustentado, de acordo com o modelo neoclássico padrão, que não incorpora a escassez dos recursos naturais: investimento elevado na formação de capital humano, incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento, planejamento familiar com o objetivo de alcançar baixas taxas de crescimento populacional, liberalização da política comercial, respeito aos contratos e às liberdades individuais, alocação dos fatores de produção por meio do sistema de preços, cargas tributárias leves ou moderadas, redução da participação do Estado na economia e controle da inflação. SACHS E WARNER (1997) também investigam quais as fontes fundamentais do crescimento econômico no longo prazo, dentro do arcabouço teórico do modelo de Solow padrão. Dentre as variáveis empregadas, concluem os autores que as que favorecem o crescimento no longo prazo

são: equilíbrio orçamentário do governo, abertura comercial e aprimoramento institucional. Por outro lado, os países que têm vantagens comparativas em recursos naturais, o que foi avaliado a partir de seus respectivos estoques de terras e exportações intensivas em matérias-primas, tendem a apresentar um padrão de baixo crescimento econômico no longo prazo, o que também foi encontrado por SALA-I-MARTIN (1997).

Efetivamente, essas políticas econômicas conduzem ao crescimento sustentado apenas sob a ótica do modelo de Solow original, o qual pressupõe que nenhum recurso natural é escasso, o que na realidade é uma premissa não realista. Vários países obtiveram taxas expressivas de crescimento econômico ao longo do tempo, por meio do investimento na acumulação de capital e do avanço tecnológico. No entanto, inicialmente, isso foi realizado sem a devida preocupação quanto aos impactos do crescimento econômico acelerado sobre o meio ambiente, o que provocou uma intensa degradação ambiental, já que se considerava como válida a perspectiva de inesgotabilidade de recursos naturais. Mas, após o primeiro choque de petróleo, os teóricos do crescimento econômico foram convencidos de que a hipótese do modelo de Solow original que pressupunha a não-escassez dos recursos naturais não era conveniente e, assim, o modelo de crescimento neoclássico foi reformulado, incorporando como fator produtivo os recursos naturais. Na próxima seção trataremos do modelo de Solow ampliado, que integra na tecnologia de produção a escassez de recursos naturais.

## **2.2 O modelo de crescimento de Solow ampliado: a incorporação dos recursos naturais escassos**

Solow, em um artigo seminal de 1974, *Intergenerational Equity and Exhaustible Resources*<sup>9</sup>, analisou as implicações da incorporação dos recursos naturais escassos para o modelo de crescimento neoclássico padrão. Neste modelo, a função de produção é dada por

$$Y = f(K, L, R) \tag{2.6}$$

---

<sup>9</sup> Neste trabalho, Solow procura investigar analiticamente a validade do criticismo rawlsiano, de que o melhor método de equidade intergeracional é por meio de uma distribuição igualitária de recursos, como alternativa viável ao critério utilitarista.

onde  $K$  representa o estoque de capital físico,  $L$  representa a mão-de-obra e  $R$  o fluxo de recursos naturais, extraído de um estoque dado. Se a produção fosse possível sem recursos naturais ou se os mesmos não fossem escassos, não acrescentaria em nada ao modelo a introdução da variável  $R$ . Contudo, quando se considera a questão da escassez dos recursos naturais e a impossibilidade de sua substituição por capital material, como querem os defensores da “sustentabilidade forte”, a produção se depara com uma restrição física ao seu crescimento e o consumo agregado não pode crescer indefinidamente. Conforme Solow salienta, se a elasticidade de substituição técnica entre os recursos naturais (capital natural) e os outros fatores for maior que a unidade, então o capital natural não é imprescindível à produção. Por outro lado, se a elasticidade de substituição técnica for inferior a um, então o capital natural é imprescindível. Se a segunda alternativa for a verdadeira, no caso extremo em que  $R = 0$ , implica em que  $Y = 0$ .

Considerando uma tecnologia do tipo Cobb-Douglas, a função de produção em (2.6) pode ser apresentada da seguinte forma

$$Y = f(K, L)R^h \quad (2.7)$$

onde  $0 < h < 1$  e  $f$  é homogênea de grau  $(1 - h)$ . Neste modelo, Solow adota a tecnologia Cobb-Douglas por uma questão de simplificação no tratamento do progresso técnico. Assim, a função de produção pode ser representada por

$$Y = e^{mgt} L^g R^h K^{1-g-h} \quad (2.8)$$

$m$  representa a taxa de progresso técnico *labor-augmenting* e o produto  $mg$  representa a taxa neutra de progresso tecnológico do ponto de vista de Hicks. Considerando o caso simples do modelo original de Solow, com população e tecnologia constantes e sem escassez de recursos naturais, onde  $Y = C + \dot{K}$ , juntamente com a equação (2.8) e fazendo  $y = R / Le^{mt}$ ,  $z = K / Le^{mt}$  e  $c = C / L$ , chega-se à seguinte taxa de variação intertemporal do capital físico

$$\dot{z} = z^{1-g-h} y^h - (n + m)z - ce^{-mt} \quad (2.9)$$

Na questão da otimização, o problema é encontrar a maior constante  $c_0$  tal que exista uma função  $y \geq 0$  para todo  $t \geq 0$ , cuja restrição é dada por

$$L_0 \int_0^{\infty} y(t) e^{(m+n)t} dt \leq \bar{R} \quad (2.10)$$

O objetivo é encontrar o maior consumo constante per capita que seja sustentável no longo prazo, considerando que os recursos naturais são escassos. No entanto, conforme Solow faz questão de frisar, essa não é uma abordagem usual, dada a restrição em (2.10). Assim, Solow propõe um caminho alternativo, que é o seguinte: escolhe-se de modo arbitrário uma constante  $c_0$  em (2.9) e procede-se à minimização de  $\int_0^{\infty} e^{(m+n)t} y(t) dt$  sujeita às restrições (2.9),  $y(t) \geq 0, z(t) \geq 0$ . Aqui, o objetivo é minimizar o consumo per capita dos recursos naturais escassos no longo prazo. Caso a solução da integral apresente um valor da constante  $c_0$  que seja superior a  $\bar{R}/L_0$ , esse valor deveria ser diminuído; caso contrário, chegaria-se a uma solução de equilíbrio.

Nesse problema de minimização, é necessário que exista um preço-sombra  $\lambda$  que possua as seguintes propriedades

$$\lambda h z^{1-g-h} y^{h-1} = 1 \quad (2.11)$$

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = -(1-g-h) z^{-g-h} y^h \quad (2.12)$$

$\lambda$  é o preço-eficiência do capital relativamente aos recursos naturais. A equação em (2.11) diz que a extração dos recursos naturais deveria ser tal que o valor de seu produto marginal fosse equivalente ao seu próprio preço eficiência. Já a equação em (2.12) refere-se à equação de Euler para a taxa de variação intertemporal do preço-sombra. Ambas equações implicam no fato de que, intertemporalmente, a taxa de variação da produtividade marginal dos recursos deveria ser equivalente à taxa de produtividade do capital K. Em termos práticos, as equações acima implicam que a

estratégia ótima para um investidor é permanecer indiferente, na margem, entre a manutenção de ativos em termos de capital físico ou de ativos em termos de recursos naturais.

Extraindo-se o logaritmo de (2.11), e derivando-se a expressão resultante em relação ao tempo para eliminar o lado esquerdo de (2.12), obtém-se a seguinte equação

$$\frac{\dot{y}}{y} = -\left(\frac{1-g-h}{1-h}\right)\left(m+n+\frac{ce^{-mt}}{z}\right) \quad (2.13)$$

que é a equação de Euler associada à trajetória intertemporal do consumo per capita de recursos naturais.

Para averiguar as possibilidades das trajetórias associadas ao consumo no longo prazo no seu modelo com recursos naturais escassos, Solow subdividiu sua análise considerando três casos principais: a) ausência de crescimento populacional e de progresso tecnológico, b) crescimento exponencial da população com recursos naturais escassos e sem progresso tecnológico e c) ausência de crescimento populacional com progresso técnico ilimitado.

### 2.2.1 O modelo de crescimento de Solow ampliado: ausência de crescimento populacional e de progresso tecnológico

Neste caso, supõe-se que  $n = 0$ , isto é, o crescimento populacional é nulo, e que  $m = 0$ , isto é, o progresso tecnológico é nulo, nas equações (2.9) e (2.13). Disso resulta que ambas equações resultam em

$$\dot{z} = z^{1-g-h} y^h - c \quad (2.14)$$

$$\dot{y} = -\left(1-\frac{g}{1-h}\right)\frac{cy}{z} \quad (2.15)$$

onde  $z$ ,  $y$  e  $c$  representam, respectivamente, o capital por trabalhador, o fluxo de recursos naturais por trabalhador e o consumo por trabalhador. Por uma questão de

simplificação, pode-se fazer  $1-g-h=a$  e  $h=b$ , de modo que as duas equações anteriores resultam em

$$\dot{z} = z^a y^b - c \quad (2.16)$$

$$\dot{y} = -\frac{a}{1-b} \frac{cy}{z} \quad (2.17)$$

onde  $a > 0, b < 1$  e  $a + b < 1$ . Solow também assume que a elasticidade do produto em relação ao capital  $K$  é superior à elasticidade do produto em relação ao fluxo de recursos naturais, isto é,  $a > b$ .

A questão agora é investigar quais as possibilidades de se perseguir uma trajetória de consumo per capita positiva ao longo do tempo, sem incorrer na exaustão dos recursos naturais. Isto é, qual a função  $y(t)$ , com uma constante  $c_0 > 0$ , que permite obter  $z(t) \geq 0$ , com  $z(0) = z_0$ , de modo que  $y(t) \geq 0$  e onde

$$\int_0^{\infty} y(t) dt = \frac{\bar{R}}{L_0} \quad (2.18)$$

Observando a equação (2.14), temos que quando  $t \rightarrow \infty \Rightarrow z(t) \rightarrow \infty$ , caso não houvesse a exaustão dos recursos naturais. Mas, quando  $t \rightarrow \infty \Rightarrow y(t) \rightarrow 0$ , já que não existe progresso técnico e a integral em (2.18) pode convergir. Neste caso, com  $y = 0 \Rightarrow \dot{z} = -c < 0$ , isto é, a taxa de variação intertemporal de  $z(t)$  assumiria um valor negativo quando  $t \rightarrow \infty$ , o que inviabilizaria a produção e, portanto, qualquer nível de consumo no longo prazo.

Considerando uma solução admissível para (2.14) do tipo

$$z(t) = z_0 + ut \text{ e } y(t) = (c_0 + u)^{1/b} (z_0 + ut)^{-a/b} \quad (2.19)$$

No que se refere à sustentabilidade da trajetória intertemporal de  $z(t)$ , existem dois casos. No primeiro caso o parâmetro  $u$  assume um valor positivo. Se  $u > 0 \Rightarrow z(t) \rightarrow \infty$  e se  $a > b$ , a integral em (2.18) converge, tendo como solução a seguinte expressão

$$c_0 = u^b \left( \frac{a-b}{b} \frac{\bar{R}}{L_0} \right)^b z_0^{a-b} - u \quad (2.20)$$

Assim, sempre haverá a possibilidade de se perseguir uma trajetória intertemporal de consumo positiva, desde que  $u > 0$ . Da equação (2.20), observa-se que, quanto maiores forem os valores de  $\bar{R}$  e de  $z_0$ , maior será o valor de  $c_0$ .

No segundo caso, se  $u < 0$  ou se  $a < b$ , então não existe qualquer possibilidade de manter qualquer trajetória de consumo intertemporal positiva. Isto é, no caso em que não haja crescimento populacional, ausência de progresso técnico e onde a elasticidade do produto em relação ao capital reprodutível seja inferior à elasticidade do produto em relação ao fluxo de recursos naturais, no longo prazo caminha-se para a catástrofe ambiental ou “*doomsday*”.

### 2.2.2 O modelo de crescimento de Solow ampliado: crescimento exponencial da população com recursos naturais escassos e sem progresso tecnológico

Neste caso, Solow faz questão de frisar, de modo apriorístico, que a possibilidade de crescimento populacional ilimitado, com recursos naturais escassos e sem progresso tecnológico, é inverossímil no longo prazo. No entanto, para não deixar lacuna na análise do modelo, essa possibilidade é investigada. A equação (2.9), quando  $m = 0$  e  $n > 0$  é dada por

$$\dot{z} = z^{1-g-h} y^h - nz - c \quad (2.21)$$

No caso de crescimento populacional indefinido, com escassez de recursos naturais e sem progresso tecnológico, não existe possibilidade de manter qualquer

trajetória de crescimento do consumo per capita no longo prazo, já que, observando a equação acima, se os recursos naturais escassos são exauridos pelo crescimento populacional, então, assintoticamente, a trajetória de acumulação do capital tenderia a um valor negativo. Esta é verdadeiramente uma trajetória de crescimento intertemporal insustentável, que converge assintoticamente para uma situação de catástrofe ambiental ou “*doomsday*”, inviabilizando a própria vida no planeta. Formalmente, temos que, neste caso, com  $n \rightarrow \infty \Rightarrow y \rightarrow 0$  e  $\dot{z} = -nz - c < 0$ .

### 2.2.3 O modelo de crescimento de Solow ampliado: ausência de crescimento populacional com progresso tecnológico ilimitado

Solow salienta que, embora a hipótese de progresso técnico ilimitado pareça improvável, ela não é inverossímil, como no caso do crescimento populacional ilimitado. Como se pode perceber pela equação (2.9), a análise de todas as implicações do progresso técnico ilimitado seria muito cansativa, mesmo considerando ausência de crescimento populacional. Assim, Solow lança mão de um artifício simplificador para analisar o modelo em questão. Considerando a equação (2.8), faz-se  $L = 1$ , isto é, adota-se a premissa de que não há crescimento populacional. Com isso, e considerando que  $Y = C + \dot{K}$ , a equação (2.8) assume a seguinte expressão

$$\dot{K} = e^{mgt} R^h K^{1-g-h} - C \quad (2.22)$$

Na hipótese de não haver progresso tecnológico, o caso seria semelhante ao já estudado anteriormente. Denominando  $C_0$  o consumo máximo alcançável,  $J(t)$  a trajetória intertemporal associada ao estoque de capital  $K$  e o fluxo ótimo de recursos naturais  $R(t)$ , segue-se que a taxa de variação intertemporal de  $J(t)$  é dada por

$$\dot{J} = R^h J^{1-g-h} - C_0 \quad (2.23)$$

Solow deduz que o consumo  $C_0 e^{mgt}$  é uma trajetória possível para (2.14), de onde decorre a seguinte equação modificada para (2.14)

$$\dot{K} = e^{mgt} (R^h K^{1-g-h} - C_0) \quad (2.24)$$

que, para os valores iniciais  $K(0)$  e  $J(0)$ , tem solução negativa para todo  $t \geq 0$ . Assim,  $\dot{K}(0) = \dot{J}(0)$ . Derivando (2.16) relativamente ao tempo  $t = 0$ , chega-se a

$$\ddot{K}(0) = mg\dot{K}(0) + \dot{J}(0) \quad (2.25)$$

Havia sido mostrado anteriormente que  $\dot{K}(0) = \dot{J}(0) > 0$ , onde  $K(t) > J(t) \forall t \in ]0, t[$ .

Subtraindo (2.16) de (2.15), resulta que

$$\dot{K} - \dot{J} = e^{mgt} R^h (K^{1-g-h} - J^{1-g-h} - J^{1-g-h}) + (e^{mgt} - 1)J \quad (2.26)$$

onde  $\dot{J} > 0$  e  $K(t) \geq J(t) \Rightarrow \dot{K}(t) > \dot{J}(t)$ . Já que  $K(t) > J(t) \forall t \in ]0, t[$ , fica provado que  $C_0 e^{mgt}$  pode ser uma solução de (2.14), que, no entanto, sempre admite uma constante de consumo per capita  $C_1 > C_0$ , bem como uma constante  $C_2 > C_1$ , ou  $C_n > C_{n-1}$ ,  $C_{n+1} > C_n$ , e assim sucessivamente, numa seqüência infinita. Voltando à hipótese inicial de progresso tecnológico irrestrito com população constante, isso permite que a sociedade mantenha um alto nível intertemporal de consumo, mesmo que seu estoque de capital  $K$  e o seu estoque de recursos naturais sejam consumidos totalmente no longo prazo. Isto pode ser observado em (2.18). Para o caso em que  $h = 0$  e  $g = 1$ , condição em que a produção tem como único fator produtivo a mão-de-obra, os recursos naturais e o estoque de capital  $K$  estão completamente exauridos ou não têm peso na produção, isso faria com que o crescimento de (2.18) ao longo do tempo dependesse exclusivamente do progresso tecnológico ao longo do tempo, medido pelo produto  $mgt$ .

Solow observa que esse resultado, que é notável, prova que o critério Rawlsiano, que exige um nível de consumo intertemporal per capita constante, não é satisfatório, pois existe a possibilidade de a sociedade aumentar indefinidamente sua taxa de consumo ao longo do tempo, desde que seja satisfeita esta dupla condição: ausência de crescimento populacional e progresso tecnológico constante.

### 2.3 Teoria do Crescimento Endógeno: O desenvolvimento sustentável na abordagem tradicional AK e na abordagem schumpeteriana

Após a ocorrência dos choques do petróleo da década de 1970, a resposta da teoria econômica ao problema da escassez dos recursos naturais foi incorporar os ativos ambientais aos modelos de crescimento econômico. São dessa época trabalhos pioneiros da economia neoclássica, como os de DASGUPTA e HEAL (1974), SOLOW (1974a, 1974b) e STIGLITZ (1974a, 1974b). Na década de 1990, foi a vez da teoria do crescimento endógeno incorporar os ativos ambientais aos seus modelos, em resposta ao problema da mudança do clima global e à divulgação do relatório da comissão Brudtland (1987), *Our Common Future*. Segundo AGHION e HOWITT (1998), onde esta seção se baseia, a vantagem dos modelos de crescimento endógeno em relação aos modelos neoclássicos na discussão da sustentabilidade é que aqueles modelos foram elaborados mais precisamente para averiguar o quão sustentável é o processo de crescimento no longo prazo.

A abordagem schumpeteriana, dentro do escopo da teoria do crescimento endógeno, apresenta a vantagem de tratar de modo definido a questão da inovação tecnológica, comparativamente aos modelos de crescimento endógeno AK unisetoriais e, portanto, mais agregados, que não distinguem entre inovação e acumulação de capital, desconsiderando o papel do progresso tecnológico no crescimento econômico sustentável. O modelo schumpeteriano demonstra ser mais apropriado aos critérios da sustentabilidade que os modelos AK convencionais, já que admite que as restrições ambientais pressupõem a exigência de tecnologias mais limpas, na utilização do capital natural como insumo do processo produtivo, que as requeridas para a produção de capital físico.

Uma conclusão notável é que, considerando a existência de poluição ambiental, a elasticidade intertemporal de substituição no consumo deve ser inferior a um. Se esta restrição for desconsiderada, os agentes econômicos poderão optar por seguir trajetórias de consumo insustentáveis, levando à exacerbação o grau de entropia ambiental. Para a abordagem neoclássica, o problema da poluição é mais restritivo ao crescimento sustentável que o estoque limitado de recursos não-renováveis. Na abordagem schumpeteriana com recursos não-renováveis, a sustentabilidade pode ser alcançada

mesmo sem a presença desta restrição sobre as preferências, já que se adota implicitamente o conceito de sustentabilidade fraca .

### 2.3.1 Crescimento ótimo nas abordagens AK e schumpeteriana

Inicialmente consideremos uma economia constituída por um *continuum* de indivíduos com vida infinita e com função de utilidade igual a

$$W = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c) dt \quad (2.27)$$

Onde  $c(t)$  é a trajetória do consumo per capita e,

$$u(c) = \frac{c^{1-\varepsilon} - 1}{1-\varepsilon} \quad (2.28)$$

é a função de utilidade instantânea (isoelástica) com  $\varepsilon > 0$  e  $\rho$  é uma taxa de preferência intertemporal positiva.

A maximização de  $W$ , sujeita à restrição de que o consumo adicionado do investimento deve ser igual ao produto nacional líquido (ou produto agregado), nos fornecerá a trajetória de crescimento ótimo, isto é:

$$\dot{K} = Y - C \quad (2.29)$$

A expressão da função de produção agregada vai depender da abordagem utilizada: um modelo AK, onde o progresso tecnológico pode ser incorporado ao estoque de capital físico; ou um modelo schumpeteriano, que distingue o progresso tecnológico do capital físico.

### 2.3.1.1.O modelo padrão AK

Neste modelo, consideraremos inicialmente uma tecnologia de produção agregada, onde  $K$ , representa o estoque de capital acumulado da economia e  $A$  representa uma constante positiva que representa o nível tecnológico:

$$Y = AK \quad (2.30)$$

Analisando o problema de maximização de  $W$  sujeito a (2.30), teremos dois casos a serem considerados. Se  $A < \rho$ , isto é, se o produto marginal for menor que a taxa de preferência intertemporal, nunca será uma trajetória ótima acumular mais capital, bem como o produto marginal sempre decrescerá de acordo com a taxa de preferência intertemporal. No longo prazo, a estratégia ótima consiste não somente em encerrar a acumulação de capital, mas também em consumir todo o estoque de capital existente. Assumindo  $A > \rho$ , será ótimo acumular mais capital indefinidamente, em decorrência do produto marginal sempre exceder a taxa de preferência intertemporal. O *steady state* associado à trajetória de crescimento ótimo no qual consumo, capital e produto crescem conjuntamente à mesma taxa é dado por:

$$g^* = (1/\varepsilon)(A - \rho) \quad (2.31)$$

desde que seja satisfeita a condição de transversalidade abaixo

$$\rho + (\varepsilon - 1)g^* > 0 \quad (2.32)$$

### 2.3.1.2.A abordagem schumpeteriana

Consideraremos inicialmente que a produção final utiliza trabalho e um *continuum* de diferentes bens intermediários, estabelecida pela função

$$Y = L^{1-\alpha} \int_0^1 B(i)x(i)^\alpha di \quad (2.33)$$

Onde cada  $B(i)$  é um parâmetro indicando a produtividade do bem intermediário  $i$ . Estes bens são produzidos de acordo com a função de produção de retornos constantes  $x(i) = K(i)/B(i)$ , onde  $K(i)$  é o estoque de capital empregado para a produção do bem  $i$ .

Outro modo de escrever a função de produção é

$$Y = F(K, BL) \equiv K^\alpha (BL)^{1-\alpha} \quad (2.34)$$

$B^{\max}$  representa o máximo de todo o conjunto de  $B(i)$ s, denominado de tecnologia principal da fronteira. Um progresso técnico no setor  $i$  vai engendrar um novo surto de criação de bens intermediários no mesmo setor.

Satisfeita a premissa de que qualquer inovação tenha probabilidades iguais de ocorrer, pode ser mostrado que o parâmetro líder de fronteira no longo prazo manterá uma relação de proporcionalidade exata com o parâmetro médio:

$$B^{\max} = B(1 + \sigma) \quad (2.35)$$

onde  $\sigma$  é um parâmetro que representa o tamanho de cada inovação ou a taxa na qual o fluxo de inovações tecnológicas provoca a movimentação da economia para além da fronteira tecnológica. A variação da qualidade em  $B(i)$  ao longo do tempo obedece à seguinte equação:

$$\dot{B} = \sigma\eta nB \quad (2.36)$$

onde  $\eta$  representa um parâmetro de valor positivo que está relacionado à pesquisa tecnológica. Este parâmetro expressa a taxa de inovações em termos de um trabalhador individual. Dessa forma, considerando as equações anteriores, o problema do crescimento ótimo envolve a escolha intertemporal das taxas de consumo e de P&D, de modo a maximizar  $W$ , estando esta variável sujeita às restrições (2.35) e (2.36) e a restrição sobre a mão-de-obra  $L + n = 1$ . Assim, o Hamiltoniano é representado por

$$H = u(c) + \lambda[F(K, B(1-n)) - c] + \mu\sigma\eta Bn \quad (2.37)$$

A taxa de crescimento de consumo, capital físico K e capital intelectual B no *steady-state* é

$$g^* = (1/\varepsilon)(\sigma\eta - \rho) \quad (2.38)$$

Dessa forma, fica estabelecido que, diante das premissas adotadas, o crescimento ilimitado e sustentável é uma possibilidade, já que a taxa comum de retorno do capital físico K e do capital intelectual B, representada por  $\sigma\eta$ , não apresenta retornos decrescentes à medida que o capital é acumulado.

### **2.3.2. A abordagem do desenvolvimento sustentável nos modelos AK tradicionais e nos modelos schumpeterianos**

Segundo observam Howitt e Aghion (1998), a maioria dos trabalhos empíricos que analisam a sustentabilidade do crescimento econômico centra-se na questão da poluição, comparativamente ao número de trabalhos que incorporam a preocupação com os recursos naturais não-renováveis.

#### **2.3.2.1. A abordagem AK para poluição**

Assume-se que a produção incorpora uma certa variedade de tecnologias conhecidas, que se distinguem no que se refere à sua qualidade ambiental. Seja  $z \in [0,1]$  uma medida de poluição das tecnologias disponíveis. Assim, o fluxo de poluição é dado por

$$P = Yz^\gamma \quad (2.39)$$

onde  $\gamma > 0$ ,  $P$  é o fluxo de poluição, que é proporcional a  $Y$ , que é o produto. A tendência é a de que, com o surgimento e a adoção de tecnologias crescentemente limpas, a razão poluição/produto seja diminuída. A função de produção é dada por

$$Y = AKz \quad (2.40)$$

Adotando-se a suposição de que existe um limite superior finito para a qualidade ambiental, tal limite seria alcançado apenas no caso extremo em que a produção fosse nula. A diferença entre a qualidade atual e esse limite superior pode ser designada por  $E < 0$ . A taxa de variação intertemporal de  $E$  pode ser expressa por

$$\dot{E} = -P(Y, z) - \theta E \quad (2.41)$$

onde  $\theta > 0$  é taxa potencial máxima de regeneração. Por outro lado, deve ser levado em consideração que também existe um limite inferior mínimo de qualidade ambiental, representada aqui por  $E$ , abaixo do qual surgem vários fatores negativos: a) início de processos irreversíveis de degradação ambiental; b) custos de produção cada vez mais proibitivos e c) perigo de comprometimento da própria continuidade do processo produtivo e, mais grave, da própria viabilidade da vida terrestre em suas diferentes formas, como no caso do aumento do aquecimento global decorrente de gases poluentes. Considerando o sinal negativo de  $E$ , isso implica que a trajetória ótima de crescimento deve obedecer a uma restrição do tipo

$$E^{\min} \leq E(t) \leq 0 \quad \text{para todo } t \quad (2.42)$$

A trajetória de crescimento ótimo deve maximizar a seguinte integral

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c, E) dt \quad (2.43)$$

Pode ser observado nesta integral que está se supondo que a utilidade dos agentes deriva tanto do consumo  $c$ , como da qualidade ambiental  $E$ . A taxa de poluição

expressa por  $AKz^{\gamma+1}$ , em decorrência das restrições (2.41) e (2.42), não pode assumir qualquer valor além da taxa expressa por  $-\theta E^{\min}$ , sob o risco de incorrer numa trajetória rumo à completa degradação ambiental. A implicação desse fato é a de que, quando se considera uma trajetória de crescimento ilimitado do capital, para que haja uma condição de equilíbrio do sistema é necessário que exista um correspondente mecanismo compensatório. Esse mecanismo só pode ser conseguido por meio de uma trajetória assintótica decrescente da magnitude da poluição. Isto é,  $K \rightarrow +\infty \Leftrightarrow z \rightarrow 0$ .

A trajetória do crescimento ótimo obedece ao seguinte Hamiltoniano

$$H = u(c, E) + \lambda[AKz - c] - \zeta[AKz^{\gamma+1} + \theta E] \quad (2.44)$$

Dessa forma, fica estabelecido que as condições de primeira ordem relativas à maximização do Hamiltoniano no que se refere às duas variáveis de controle  $c$  e  $z$  são as seguintes

$$\frac{\partial u(c, E)}{\partial c} = \lambda \quad e \quad \lambda = (\gamma + 1)z^\gamma \zeta \quad (2.45)$$

Do que resulta que as equações de Euler são

$$\rho\lambda = \lambda Az - \zeta Az^{\gamma+1} + \dot{\lambda} \quad e \quad \rho\zeta = \frac{\partial u(c, E)}{\partial E} - \zeta\theta + \dot{\zeta} \quad (2.46)$$

De onde decorre que

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{\gamma}{1+\gamma} Az \quad (2.47)$$

Supondo o caso especial onde a função de utilidade  $u$  apresenta a propriedade da aditividade e onde a utilidade do consumo é dada pela seguinte função isoelástica

$$\frac{\partial u(c, E)}{\partial c} = c^{-\varepsilon} \quad (2.48)$$

Reunindo as duas equações anteriores, resulta que a taxa de variação intertemporal do consumo obedece à seguinte equação

$$\frac{\dot{c}}{c} = \left( \frac{1}{\varepsilon} \right) \left( \frac{\gamma}{\gamma + 1} Az - \rho \right) \quad (2.49)$$

A expressão fracionária no segundo parêntese pode ser interpretada como o produto marginal social do capital, significando que o produto marginal líquido está relacionado ao custo de poluição. A implicação notável do modelo neoclássico padrão para poluição, expresso pelas equações anteriores, é que não há possibilidade de manutenção do crescimento econômico no longo prazo, já que, como foi estabelecido anteriormente, isso exigiria que a variável  $z$  assumisse uma trajetória declinante até atingir o valor nulo. Essa condição, por sua vez, implica que, observando a equação (2.49),  $\left( \frac{\dot{c}}{c} \right) \rightarrow -\frac{\rho}{\varepsilon} < 0$ , quando  $t \rightarrow \infty$ . Isto é, assintoticamente, a trajetória do consumo tende para um valor negativo. A conclusão é que, com o objetivo de afastar uma trajetória de degradação ambiental catastrófica, os custos associados à adoção de tecnologias limpas reduziram o produto marginal social do capital a um patamar inferior ao necessário à manutenção do crescimento sustentado.

### 2.3.2.2. A abordagem schumpeteriana para poluição

Na abordagem schumpeteriana, a função de produção que incorpora a poluição é dada por

$$Y = K^\alpha (B, L)^{1-\alpha} z \quad (2.50)$$

A taxa de variação intertemporal do capital intelectual obedece à equação (2.36). Assim, o Hamiltoniano é dado por

$$H = u(c, E) + \lambda [K^\alpha (B(1-n))^{1-\alpha} z - c] + \mu \eta \sigma Bn - \zeta [K^\alpha (B(1-n))^{1-\alpha} z^{\gamma+1} + \theta E] \quad (2.51)$$

No caso em questão, o modelo tem três variáveis de controle:  $c$ ,  $z$  e  $n$ . Assim, as condições de primeira ordem são dadas por

$$\frac{\partial u(c, E)}{\partial c} = \lambda, \lambda = (\gamma + 1)z^\gamma \zeta \quad e \quad \eta \sigma B \mu = (1 - \alpha) \frac{\lambda Y}{1 - n} \frac{\gamma}{1 + \gamma} \quad (2.52)$$

A equação de Euler associada é dada por

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \alpha \frac{Y}{K} \left[ 1 - \frac{\zeta}{\lambda} z^\gamma \right] \quad (2.53)$$

Recorrendo às condições de primeira ordem e considerando que a função de utilidade possui a propriedade da isoelasticidade aditiva<sup>9</sup>, a equação (2.53) pode assumir a seguinte forma

$$\frac{\dot{c}}{c} = \left( \frac{1}{\varepsilon} \right) \left[ \alpha \frac{Y}{K} \frac{\gamma}{1 + \gamma} - \rho \right] \quad (2.54)$$

que é taxa de variação intertemporal do consumo. Observando a expressão entre colchetes do lado direito, constata-se que tanto o produto como o capital podem crescer à mesma taxa sem que incorram em rendimentos decrescentes no longo prazo. Diferentemente da taxa de variação intertemporal do caso do modelo AK para poluição, expresso pela equação (2.25), o modelo schumpeteriano para poluição permite que tanto o produto quanto o capital cresçam à mesma taxa ao longo do tempo, contanto que a taxa de crescimento do capital intelectual  $B$  seja superior à do capital físico  $K$ , que é o mecanismo necessário para compensar a exigência de que  $z \rightarrow 0$ . De todo o modo, como observam Aghion e Howitt, tal propriedade inerente à trajetória do consumo ao longo do tempo, neste caso, não garante que o crescimento sustentado está automaticamente garantido, mas apenas que ele é possível. Para que ele se torne automaticamente garantido, outras condições necessárias precisam ser estabelecidas.

---

<sup>9</sup> Isto é,  $\frac{\partial u(c, E)}{\partial c} = c^{-\varepsilon} e^{\omega E}$  e  $\frac{\partial u(c, E)}{\partial E} = (-E)^\omega$ , para  $c, \varepsilon, \omega > 0$  e  $E < 0$

Essas condições necessárias para o crescimento ilimitado do consumo, no presente modelo, são dadas por

$$\varepsilon - 1 > 0 \quad (2.55)$$

$$\eta\sigma - \rho > 0 \quad (2.56)$$

$$(\varepsilon - 1)(\eta\sigma - \rho) < \theta \left[ \varepsilon(1 + \omega) + \frac{\varepsilon + \omega}{(1 - \alpha)\gamma} \right] \quad (2.57)$$

Se essas condições acima se mantiverem ao longo do tempo, considerando um dado nível inicial de qualidade ambiental  $E_0$ , são dados dois valores hipotéticos de estoques iniciais de capital  $K_0$  e  $B_0$ , de modo que a trajetória ótima de crescimento balanceado é alcançada a partir desses patamares iniciais, sem que haja restrições ao crescimento do consumo ao longo dessa trajetória.

A condição (2.55) é oriunda de um modelo de progresso tecnológico exógeno, com uma trajetória ótima de crescimento balanceado com um baixo padrão de qualidade ambiental, onde a variável  $z$  não é reduzida o bastante de forma a impedir a ocorrência de uma catástrofe ambiental. Nesse modelo, a utilidade marginal do consumo deve decrescer rapidamente, de modo a permitir que os indivíduos, com o objetivo de manter o crescimento ao longo do tempo, reduzam o seu padrão consumo.

A condição (2.56) tem a propriedade de eliminar problemas como equilíbrios indesejáveis, como soluções de *córner*, onde não existam crescimento nem investimento em inovação e pesquisa tecnológica, porque apresenta a propriedade de possuir um fluxo de inovação tecnológica per capita superior ao do modelo AK. Já a condição (2.57) é imposta para contornar o problema da capacidade de regeneração do ambiente, impedindo que a mesma possa assumir um valor inferior ao patamar mínimo além do qual se incorre numa trajetória de catástrofe ambiental.

### 2.3.2.3. A abordagem AK para recursos não-renováveis

Considerando  $R$  o fluxo de recursos naturais não-renováveis, como metais e combustíveis fósseis, a função de produção do modelo padrão AK com recursos não-renováveis é dada por

$$Y = AKR^\nu \quad (2.58)$$

onde  $0 < \nu < 1$ . O Hamiltoniano é dado pela seguinte expressão

$$H = u(c) + \lambda[AKR^\nu - c] - \xi R \quad (2.59)$$

Relativamente aos controles  $c$  e  $R$ , as condições de primeira-ordem são as seguintes

$$u'(c) = \lambda \quad e \quad \nu\lambda AKR^{\nu-1} = \xi \quad (2.60)$$

As duas equações de Euler são dadas por

$$\rho\lambda = AR^\nu\lambda + \dot{\lambda} \quad e \quad \dot{\xi} = \rho\xi \quad (2.61)$$

A segunda equação em (2.61) é uma versão ligeiramente modificada da regra de Hotelling, a qual afirma que a taxa de variação do preço do recurso natural em termos de utilidade cresce de forma exponencial à taxa de preferência intertemporal  $\rho$ , rumo ao infinito.

Entretanto, a primeira equação em (2.61) pode ser reformulada para obter a taxa de variação intertemporal do consumo, que é dada por

$$\frac{\dot{c}}{c} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) [AR^\nu - \rho] \quad (2.62)$$

Dado que  $0 < \nu < 1$ , temos que quando  $t \rightarrow \infty \Rightarrow R \rightarrow 0$ , mesmo que o estoque inicial de recursos naturais não-renováveis,  $R_0$ , seja muito grande. Com isso, assintoticamente a trajetória do consumo aproxima-se de  $-\frac{\rho}{\varepsilon} < 0$ , isto é, quando  $t \rightarrow \infty \Rightarrow \left(\frac{\dot{c}}{c}\right) \rightarrow -\frac{\rho}{\varepsilon}$ . Isso quer dizer que, no modelo neoclássico em questão, com recursos naturais não-renováveis, não há possibilidade de o crescimento do consumo prosseguir indefinidamente, em decorrência da redução do produto marginal social do capital a um patamar inferior ao valor mínimo requerido por  $\rho$  para manter o crescimento.

#### 2.3.2.4. A abordagem schumpeteriana para recursos não-renováveis

A função de produção schumpeteriana que incorpora recursos naturais não-renováveis é dada por

$$Y = L^\beta \int_0^B x(i)^\alpha di R^\nu = K^\alpha B^{1-\alpha} L^\beta R^\nu \quad (2.63)$$

onde  $\alpha, \beta$  e  $\nu > 0$ , com retornos constantes de escala para o conjunto, isto é,  $\alpha + \beta + \nu = 1$  e  $x(i) = x = K/B$ , é a quantidade produzida de cada bem intermediário. Considerando que as taxas de variação intertemporal do estoque de capital físico  $K$  e do capital intelectual  $B$  são expressas pelas equações (2.29) e (2.36), respectivamente, o hamiltoniano é deste modelo é dado pela seguinte expressão

$$H = u(c) + \lambda [K^\alpha B^{1-\alpha} (1-n)^\beta R^\nu - c] + \mu \eta \sigma B n - \xi R \quad (2.64)$$

A maximização do hamiltoniano relativamente às variáveis de controle  $c$ ,  $n$  e  $R$  resultam nas seguintes condições de primeira ordem

$$u'(c) = \lambda \quad (2.65)$$

$$\beta\lambda \frac{Y}{1-n} = \mu\eta\sigma B \quad (2.66)$$

$$v\lambda \frac{Y}{R} = \xi \quad (2.67)$$

Relativamente ao preço-sombra do capital, a equação de Euler é

$$\rho\lambda = \alpha\lambda \frac{Y}{K} + \dot{\lambda} \quad (2.68)$$

Essa equação pode ser reformulada para obter a taxa de variação intertemporal do consumo, que é dada por

$$\frac{\dot{c}}{c} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \left[ \alpha \frac{Y}{K} - \rho \right] \quad (2.69)$$

Se tanto o produto Y como o produto K crescerem à mesma taxa, isso traz como implicação o fato de que o primeiro termo entre colchetes, que representa o produto marginal social do capital ( $\alpha \frac{Y}{K}$ ), não decresce, desde que o capital intelectual B cresça a uma taxa superior à taxa de crescimento do capital físico K. Para que haja uma trajetória ótima de crescimento balanceado, é necessária a imposição da seguinte condição

$$0 < \eta\sigma < \varepsilon\eta\sigma + \rho \quad (2.70)$$

Se essa condição acima for satisfeita, para quaisquer valores positivos de estoques iniciais de recurso natural  $R_0$ , capital intelectual  $B_0$  e de capital físico  $K_0$ , uma trajetória ótima balanceada de crescimento pode ser obtida dessa posição inicial, com um crescimento do consumo irrestrito.

## 2.4. Síntese

Apesar de a Economia Neoclássica ter lançado desde 1931 as bases formais para o estudo da escassez dos recursos naturais, com o trabalho de HOTELLING, *The Economics of Exhaustible Resources*, foi somente após os choques do petróleo, ocorridos na década de 1970, que começou a se verificar um fluxo de trabalhos de pesquisa, de modo regular, ligados à inclusão das variáveis ambientais nos modelos de crescimento econômico neoclássicos. Robert Solow, que havia revolucionado a Teoria Neoclássica de Crescimento Econômico com o seu trabalho seminal de 1956, publica *Intergenerational Equity and Exhaustible Resources* em 1974, onde inclui os recursos naturais como fator produtivo em seu modelo de crescimento e, a partir daí, faz uma análise formal comparativa no que se refere à sustentabilidade das diversas trajetórias de crescimento econômico possíveis em função do crescimento populacional, da escassez dos recursos naturais e da ocorrência ou não de progresso tecnológico.

Os teóricos da Teoria do Crescimento Endógeno, no decorrer da década de 1990, de modo idêntico ao que ocorreu com os teóricos ligados à Teoria Neoclássica de Crescimento Econômico, influenciados pela emergência da preocupação ambiental e pelas restrições representadas pela escassez de recursos naturais ao processo produtivo, foram condicionados a incluir as variáveis ambientais em seus modelos, os quais, diferentemente dos modelos neoclássicos, tornam plausível a obtenção de rendimentos crescentes da produtividade do trabalho, por meio do investimento em capital humano. Os modelos seminais de crescimento endógeno, de abordagem AK, em caso de escassez de recursos naturais impõem uma série de restrições ao crescimento econômico. Comparativamente aos modelos de crescimento endógeno, os modelos de matriz schumpeteriana tornam factível o crescimento econômico irrestrito, com a condição de que exista um fluxo contínuo de inovações derivado do progresso científico e tecnológico.

### 3 - ESTOQUE DE CAPITAL NATURAL E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Conforme se procurou explicitar nos capítulos anteriores, são intrínsecas as relações entre o estoque de capital natural, isto é, o conjunto de ativos ambientais, e o crescimento econômico. Procuramos demonstrar também, de forma inequívoca, o quão importante deve ser o entendimento, principalmente para os formuladores das políticas públicas, de que o manejo intertemporalmente sustentável dos recursos naturais é condição imprescindível para o crescimento econômico equilibrado, isto é, aquele intertemporalmente ótimo. No entanto, o grau de ajustamento dos modelos de crescimento econômico aos critérios defendidos pelo desenvolvimento sustentável vai depender da substitutibilidade entre o estoque de capital natural e do estoque de capital material.

No caso da hipótese de “fraca sustentabilidade” prevalecer, tornando possível a substituição de capital natural por capital material, seria de se esperar que os países ou regiões com grande estoque de capital natural, particularmente os de renda média e de renda baixa, pudessem crescer mais rapidamente que os países com menor estoque desse capital, considerando que uns e outros possuam idêntico estoque de capital material. Se o estoque de capital natural é tão importante para o crescimento econômico, deveria se supor que os países ou regiões com relativa escassez de capital físico que tivessem grandes dotações de recursos naturais reunissem melhores condições, comparativamente àqueles com menor dotação desses recursos e idêntico perfil de desenvolvimento econômico, para realizar a transição de economias atrasadas para economias desenvolvidas, conforme BARBIER (2003). Admitindo a veracidade dessa suposição, os países ou regiões detentores de grandes dotações de capital natural deveriam emprega-los de modo a obter seu máximo rendimento, e posteriormente canalizar os lucros obtidos com as atividades primárias no investimento em setores que agregassem maior conteúdo tecnológico, como o setor industrial.

Essa visão tradicional, de que o processo de desenvolvimento se aceleraria nos países que detivessem um grande estoque de capital natural, como seria de esperar no caso dos países da América Latina, foi sustentada, no passado, pelo paradigma histórico

representado pelos Estados Unidos da América do Norte<sup>1</sup>. Em seu processo de transição rumo ao desenvolvimento, os EUA foram particularmente beneficiados pela existência de grandes estoques de capital natural em seu território, como terra fértil, carvão e petróleo, principalmente no período de 1879-1940, conforme ROMER (1996). Cumpre destacar, entretanto que o caso de sucesso norte-americano foi único na história, em decorrência das condições absolutamente singulares verificadas naquele país e que contribuíram decisivamente para a sua transição rumo à modernidade. Entre essas condições favoráveis podem ser citadas:

a) a grande extensão do mercado consumidor interno norte-americano ávido por consumir energia e produtos intensivos em capital natural, favorecido, ao longo da história, pelo grande contingente de imigrantes recebidos do exterior;

b) as altas barreiras alfandegárias e os altos custos do transporte internacional, que desestimulavam as importações, comparativamente aos custos domésticos de transporte nos EUA. Este país que foi beneficiado por possuir uma grande bacia hidrográfica navegável, além de um relevo pouco acidentado que permitiu, em um espaço relativamente curto de tempo, a expansão de estradas e ferrovias em larga escala. Tais características possibilitaram o escoamento rápido e eficiente da crescente produção nacional. Esses fatores somados significavam que os EUA se constituíam em uma imensa área de livre comércio;

c) a existência de grandes contingentes alfabetizados na população;

d) o desenvolvimento de tecnologias eficientes e de relativo baixo custo para a extração e a transformação dos recursos naturais;

e) o amplo acesso à propriedade da terra possibilitada pelo *Homestead Act*, legislação implementada em 1862, que concedia à cada família interessada um lote de 160 acres (65 hectares), com a exigência de que a mesma se comprometesse em se fixar na terra. O pagamento pela terra era simbólico e num prazo dilatado. O *Homestead Act* impulsionou decisivamente a formação do grande mercado consumidor norte-americano<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Segundo NORTH (1990,p.116) “U.S. economic history has been characterized by a federal political system, checks and balances, and a basic structure of property rights that have encouraged the long-term contracting essential to the creation of capital markets and economic growth. Even one of the most costly civil wars in all of history failed to alter the basic institutional matrix”. Outrossim, North afirma que “Latin American economic history, in contrast, has perpetuated the centralized, bureaucratic traditions carried over from its Spanish/Portuguese heritage”.

<sup>2</sup> Por outro lado, a Lei de Terras adotada no Brasil em 1850, chamada de Lei n° 601, dificultava o acesso à terra a quem não dispusesse de um grande poder aquisitivo. Segundo Rodolfo Hoffman em DELGADO

Esses fatores, atuando sinergicamente, contribuíram para criar as condições propícias para que os Estados Unidos se beneficiassem do seu enorme estoque de recursos naturais. No entanto, após o período pós-guerra, os EUA passaram a substituir cada vez mais os recursos naturais domésticos por recursos naturais do exterior como insumos produtivos, devido à diminuição dos custos de transporte internacional, redução do protecionismo tarifário e a conseqüente expansão do comércio externo. Já os países em desenvolvimento passaram a exportar cada vez mais produtos manufaturados intensivos em mão-de-obra, o principal motor do seu crescimento econômico no pós-guerra. Países em desenvolvimento que tinham escasso estoque de recursos naturais, como Cingapura e Malta, tiveram um desempenho econômico significativamente superior àqueles com grande estoque daqueles recursos, como Filipinas e Jamaica, , conforme WRIGHT (1990). Podemos dizer que idêntico raciocínio pode ser aplicado para o Japão, relativamente pobre em recursos naturais, e um país em desenvolvimento rico na dotação desses recursos, como o Brasil, com amplas camadas de sua população ainda vivendo na pobreza.

Conforme pesquisas recentes têm demonstrado, como em SACHS e WARNER (1997, 1999), os países ricos em capital natural parecem sofrer do chamado “Mal Holandês”<sup>3</sup>. Em outras palavras, tais países se beneficiariam, no curto prazo, de

---

*et alii* (1990, pg. 42), o objetivo da Lei de Terras brasileira de 1850 era triplo: a) não permitir que as aquisições de terras fossem efetuadas por outros quaisquer meios que não fosse a compra (Art 1º), inviabilizando o secular regime praticado pelos posseiros; b) fazer com que os preços das terras aumentassem, através do estabelecimento, por lei, de preços mínimos de venda que eram superiores aos preços médios de mercado praticados no país à época e c) possibilitar o aumento das receitas destinadas à contratação de colonos estrangeiros, para se estabelecerem no país, com os lucros oriundos da venda de terras. Segundo Queiroz, citado por Hoffman, *op. cit.*, p. 41,42: “o período imperial pode ser dividido muito nitidamente em duas fases. A primeira vai da Independência exatamente à metade do século XIX, ao ano de 1850, e caracteriza-se pela crise aguda pela qual passou então o regime de grandes propriedades agrícolas que vinha da colônia e que, nos tempos a que nos referimos, foi afetado pela expansão livre e impetuosa da economia dos posseiros, os quais se atiravam sobre as terras inexploradas em um ritmo até então desconhecido. Em 1850 esse processo, - que levado até as últimas conseqüências tornaria o Brasil um país de estrutura agrária muito diversa da atual - foi drasticamente interrompido, e assistimos aí uma nítida opção da classe que usufruía o poder político: podemos denominar essa derradeira etapa do Império a da consolidação da grande propriedade rural ou do sistema de *plantations* em moldes bastante diversos, a da severa limitação dos direitos que tinham sido conquistados pelos posseiros e a gradual passagem de formas escravistas a outras formas de trabalho no campo mais ou menos livres, dentro dos mesmos latifúndios”.

<sup>3</sup> Expressão utilizada para designar os ajustes estruturais aos quais uma economia em particular é submetida em decorrência da descoberta de grandes recursos naturais ou da valorização de seus preços no mercado internacional. O termo foi adotado após as descobertas de grandes depósitos de gás pela Holanda na década de 1970. Com a abundância abrupta dessa *commodittie* na Holanda, houve uma transferência maciça de fatores produtivos empregados na produção de bens comercializáveis, que detinham considerável participação na pauta exportadora daquele país, como bens de capital, para setores produtores de bens e serviços não-comercializáveis, como construção civil. Apesar dos efeitos inicialmente positivos da descoberta, a Holanda, ao longo do tempo, começou a perder competitividade internacional com a sua taxa de câmbio valorizada, um dos efeitos da descoberta. Esse fato, somado ao

“booms” exportadores de *commodities* intensivas em capital natural, acelerando inicialmente a sua taxa de crescimento econômico. No entanto, no longo prazo, tais ganhos seriam dissipados, e esses países tenderiam a apresentar baixas taxas de crescimento de sua renda. Esses estudos demonstram que os países relativamente ricos em capital natural não têm se beneficiado dessa vantagem comparativa, apresentando um padrão de crescimento de “explosão e quebra”. De acordo com BARBIER (2003), isso poderia estar ocorrendo porque esses recursos naturais, entre eles a terra, não estariam sendo bem administrados de modo a terem seus lucros maximizados e reinvestidos em outros setores mais dinâmicos da economia. MATSUYAMA (1991) demonstrou que, no caso de economias exportadoras intensivas em terra, o efeito da liberalização comercial seria o de deslocar investimentos antes destinados ao setor industrial para o setor agrícola. Isto é, a abertura econômica faria que com que, nessas economias, a conexão entre alta produtividade agrícola e crescimento econômico fosse rompida. Dessa forma, a tendência seria a de haver um aumento da participação relativa da agricultura em relação à indústria. Por outro lado, no caso de abertura comercial em economias com agricultura menos competitiva o setor industrial atrairia mais mão-de-obra, crescendo mais rapidamente. Já em economias fechadas competitivas na agricultura, um aumento na produtividade agrícola transferiria mão-de-obra para o setor industrial, acelerando as suas taxas de crescimento econômico <sup>4</sup>.

Comparando as trajetórias de desenvolvimento representadas pelos casos do Japão e da Argentina, Matsuyama constata que a simples abertura da economia, juntamente com a existência de um grande estoque de capital natural, não implica necessariamente em um desempenho econômico superior no longo prazo. Para esse autor, embora fosse uma economia relativamente aberta ao comércio exterior e detentora de vastas áreas férteis, como ainda é atualmente, a Argentina teve um

---

ajuste da estrutura produtiva, que passou a se concentrar mais em bens não-comercializáveis, fez com que a Holanda passasse a acumular déficits sucessivos em transações correntes, o que teve implicações posteriores negativas em termos de um novo ajuste, SACHS E LARRAIN (2000). MATSEN e TORVIK (2003) propõem um modelo de alocação intertemporalmente ótima do aumento da riqueza nacional, seja oriunda da descoberta de recursos naturais ou de ajuda externa, outra fonte do “Mal Holandês”. Aliás, os autores consideram que o padrão de “explosão e quebra” representado pelo “Mal Holandês” é uma resposta ótima a uma descoberta de recursos naturais ou ao recebimento de ajuda externa (poderíamos citar, além destas duas fontes do problema, aquela representada pela expansão dos gastos fiscais dos governos, que deslocariam investimentos do setor privado em bens comercializáveis para não-comercializáveis).

<sup>4</sup> Segundo Matsuyama, economias com grandes dotações de terras aráveis e de recursos naturais, como a Austrália e o Kuwait, podem ter um baixo padrão de crescimento, mas isso não significa que tais países tenham um baixo padrão de vida. Pelo contrário, esses dois casos representam nações que oferecem um alto padrão de vida às suas respectivas populações.

desempenho econômico, ao longo da história, muito inferior ao do Japão, que possui a maior parte do seu território ocupado por montanhas, restando-lhe reduzidas áreas agrícolas. O Japão, atualmente, é a segunda maior potência econômica do mundo e a Argentina, que era no início do século XX uma das maiores economias mundiais, retrocedeu economicamente. Para Matsuyama, um país que quer alcançar um padrão satisfatório de desenvolvimento no longo prazo não pode prescindir de estratégias de desenvolvimento próprias, que sejam adequadas às suas características específicas.

BARBIER (ibidem) cita um estudo de Lopez (1989) no qual este demonstrou que o “boom” exportador baseado em *comodities* intensivas em recursos naturais provoca, no curto prazo, o aumento da renda real dos países relativamente ricos em capital natural, que ficaria concentrada principalmente no “enclave” exportador. No longo prazo, porém, a renda sofre uma queda permanente.

Já SACHS e WARNER (1997) consideram que um *boom* de recursos naturais pode, de fato, comprometer o processo de industrialização de um país ou até mesmo fazer com que este ingresse num processo desindustrializante. O que irá determinar a ocorrência desses fenômenos é qual o setor da economia que apresenta rendimentos crescentes de escala. Se o setor exportador-industrial for o setor dinâmico da economia, apresentando rendimentos crescentes, enquanto o setor não-exportador for o menos dinâmico, o efeito do *boom* será negativo, pois transferirá fatores produtivos do setor mais dinâmico para o menos dinâmico. Caso contrário, se o setor não-exportador for o mais dinâmico, o *boom* de recursos terá um efeito favorável sobre a economia no longo prazo.

As instituições dos países relativamente ricos em recursos naturais, para Sachs e Warner, têm um papel proeminente no insatisfatório desempenho destes países com os “booms” exportadores de *comodities* primárias. A ausência ou a fraqueza de direitos de propriedade naqueles países têm como consequência o incentivo para a superexploração dos seus recursos naturais. Em períodos de valorização das *comodities* primárias em que detêm vantagens comparativas, verifica-se, nesses países, por exemplo, a destruição de florestas tropicais para conversão em plantações ou pastagens. Por sua vez, esse fato implicaria na redução do bem-estar social de suas populações no longo prazo, em decorrência da destruição parcial ou total de ecossistemas endêmicos, em muitos casos de modo irreversível. Para reduzir esses efeitos deletérios, a recomendação dos autores do estudo é que, levando em consideração as suas próprias especificidades culturais, os países com grandes dotações

de capital natural invistam na elaboração e implementação de um arcabouço eficiente e eficaz de direitos de propriedade. Como nem sempre isso é possível, devido a uma série de fatores<sup>5</sup>, Sachs e Warner propõem que aqueles países adotem uma “regra modificada de Hartwick” que determina que, em caso de “*booms*” de exportações primárias, invista-se os lucros originados destas exportações em setores mais dinâmicos e que agreguem maior valor adicionado.

Ao buscarem evidências do “Mal Holandês” para a América Latina, SACHS e WARNER (1999) empregaram uma amostra de 11 países, no período de 1960 a 1994. A pesquisa concluiu que, do conjunto de países pesquisados, apenas um, o Equador, beneficiou-se com a valorização de suas *commodities* primárias no mercado internacional, no período analisado. Os países restantes, ou não tiveram nenhum benefício, ou os resultados foram ambíguos, ou tiveram queda da renda per capita em decorrência de “*booms*” exportadores. Seria uma constatação de que, no caso dos países latino-americanos analisados, os efeitos do “Mal Holandês” estariam frustrando os esforços de crescimento e desenvolvimento econômico da maioria deles.

Nesse caso, os países ou regiões com grande estoque de capital natural tenderiam a apresentar uma curva de crescimento da renda per capita positivamente relacionada com o emprego de recursos naturais no curto prazo e negativamente relacionada no longo prazo. Um meio apropriado de verificar essa hipótese seria empregando uma relação econométrica cúbica, usando dados de painel, entre um índice que representasse a evolução da renda per capita, de um país ou região, relativamente ao emprego de capital natural. Esse índice pode ser um indicador que expresse a expansão da área agrícola de um país ou região em um determinado período de tempo. Foi esse procedimento empregado por BARBIER (2003) em seu estudo, no qual ele comprova um padrão de “explosão e quebra”, com dados do período 1961-1994, para um conjunto de países em desenvolvimento empregando um índice de expansão agrícola.

---

<sup>5</sup> Isso poderia ocorrer, por exemplo, devido ao comportamento de *rent-seeking* baseado no curto prazo, em que grupos de interesse estariam dispostos a barrar a adoção daquelas medidas. Corrupção administrativa, ineficiência burocrática e políticas públicas inadequadas tenderiam a dificultar a tentativa de modernização institucional, com a adoção de direitos de propriedade.

### 3.1. Metodologia e resultados

Em nosso trabalho, tentaremos testar a evidência do “Mal Holandês” para o Brasil, relacionando o padrão de evolução da renda per capita das unidades federativas brasileiras (estados e distrito federal) e um índice de expansão da área agrícola. Escolhemos a área agrícola como variável de controle por apresentar dupla vantagem: ser uma *proxy* adequada para o capital natural e por apresentar relativa facilidade de operacionalização e disponibilidade de dados.

O modelo econométrico que empregaremos para analisar a relação entre o crescimento econômico das unidades federativas, representado pela renda per capita, e a área agrícola, tem especificação cúbica e está baseado em BARBIER(2003):

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 \quad (3.1)$$

Onde  $Y_{it}$  representa a renda per capita da unidade federativa  $i$  no período  $t=1,2,3\dots n$ . No caso linear, teremos  $\beta_1 > 0$  e  $\beta_2 = \beta_3 = 0$ . No caso de a especificação ser quadrática, teremos  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 = 0$ , com a relação assumindo a forma de “U” invertido. Se  $\beta_0 > 0, \beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$  e  $|\beta_1| > \beta_2$ , teremos uma especificação cúbica, em forma de “S” deitado invertido. Neste caso, a implicação é a de que as unidades federativas que tiverem uma área agrícola crescente, no longo prazo apresentarão níveis de renda per capita mais baixos que os estados onde a área for decrescente. Se  $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ , teremos uma especificação cúbica em forma de “N”.

O indicador  $x_{it}$  pode ser calculado dividindo-se a área agrícola atual e aquela referente a um período base, no caso em questão o total de terras empregadas pela unidade federativa  $i$  no ano de 1970<sup>6</sup>.

A especificação cúbica foi estimada empregando quatro modelos distintos, que utilizam diferentes critérios para o cálculo do índice de expansão agrícola, que serão analisados separadamente adiante:

a) Modelo A – neste modelo utilizamos, para o cálculo do índice de expansão agrícola, a superfície agrícola total das unidades federativas, em hectares, que

---

<sup>6</sup> Foram usados os dados do Censo Agrícola do IBGE de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995/1996, no que se refere aos dados relativos à área agrícola, disponíveis em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

compreende a totalidade das terras abrangidas pelos estabelecimentos agrícolas, conforme os critérios definidos pelo IBGE. Essa definição abrange lavouras permanentes, lavouras temporárias, terras em descanso, pastagens naturais, pastagens plantadas, matas naturais, matas plantadas, terras produtivas não utilizadas e terras inaproveitáveis<sup>7</sup>.

b) Modelo B - o critério empregado neste caso , para o cálculo do índice de expansão agrícola, foi o da lavoura utilizada, em hectares, pelas unidades federativas, que compreende a soma das áreas permanente e temporária abrangidas pelos estabelecimentos agrícolas, conforme os critérios definidos pelo IBGE.

c) Modelo C – aqui empregamos, para o cálculo do índice de expansão agrícola, foi o da lavoura permanente, em hectares, pelas unidades federativas, que compreende a soma das áreas permanente e temporária abrangidas pelos estabelecimentos agrícolas.

d) Modelo D - o critério empregado neste caso , para o cálculo do índice de expansão agrícola, foi o da lavoura temporária, em hectares, pelas unidades federativas, que compreende a soma das áreas permanente e temporária abrangidas pelos estabelecimentos agrícolas.

Para efeito de simplicidade na estimação dos modelos, adotaram-se duas hipóteses: a existência de tecnologia homogênea entre as unidades federativas brasileiras e de impossibilidade de estimar o grau de desertificação e de abandono de

---

<sup>7</sup> As definições do IBGE para essas distintas categorias são as seguintes:

a) Lavouras permanentes - Compreendem a área plantada ou em preparo para o plantio de culturas de longa duração, que após a colheita não necessitassem de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos. Foram incluídas nesta categoria as áreas ocupadas por viveiros de mudas de culturas permanentes.

b) Lavouras temporárias - Abrangem as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra, menor que um ano) e que necessitassem, geralmente de novo plantio após cada colheita, incluíram-se também nesta categoria as áreas das plantas forrageiras destinadas ao corte.

c) Terras em descanso - Terras habitualmente utilizadas para o plantio de lavouras temporárias, que na data de encerramento do censo se encontravam em descanso, por prazo não superior a 4 anos em relação ao último ano de sua utilização.

d) Pastagens naturais - Constituídas pelas áreas destinadas ao pastoreio do gado, sem terem sido formadas mediante plantio, ainda que tenham recebido algum trato.

e) Pastagens plantadas - Abrangem as áreas destinadas ao pastoreio e formadas mediante plantio.

f) Matas naturais - Formadas pelas áreas de matas e florestas naturais utilizadas para extração de produtos ou conservadas como reservas florestais.

g) Matas plantadas - Compreendem as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de essências florestais (acácia-negra, eucalipto, pinheiro, etc.), incluindo as áreas ocupadas com viveiros de mudas de essências florestais.

h) Terras produtivas não utilizadas - Constituídas pelas áreas que se prestavam à formação de culturas, pastos ou matas e não estivessem sendo usadas para tais finalidades. Foram incluídas as terras não utilizadas por período superior a 4 anos.

i) Terras inaproveitáveis - Formadas por áreas imprestáveis para formação de culturas, pastos e matas, tais como: areais, pântanos, encostas íngremes, pedreiras, etc., e as formadas pelas áreas ocupadas com estradas, caminhos, construções, canais de irrigação, açudes, etc.

terras. Caso fosse considerada a desertificação ou o abandono de terras, isso poderia implicar num índice  $x_{it}$  possivelmente constante em alguns casos, já que a ocupação de novas terras apenas compensaria as terras abandonadas por quaisquer motivos.

As tabelas 1 e 2, apresentadas a seguir, reúnem os resultados dos dois modelos para o painel com efeitos fixos e efeitos aleatórios

Tabela3.1. Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos fixos<sup>8</sup>.

	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
Constante	4,5614 (2,20)**	2,0035 (4,44)*	2,6860 (8,40)*	1,9238 (3,71)*
$x_{it}$ - índice de expansão agrícola	-2,4109 (-0,77)	1,1200 (3,14)*	0,5525 (2,59)*	1,2332 (2,78)*
$x_{it}^2$	1,4388 (1,09)	-0,10489 (-2,20)**	-0,0287 (-1,61)	-0,1336 (-1,93)**
$x_{it}^3$	-0,1774 (-1,18)	0,0025 (1,84)***	0,00039 (1,21)	0,0040 (1,55)
Nº de observações	135	135	135	135
Teste F(fe)	1,58	5,38	3,63**	5,00
Teste Hausman	1,34	1,41	2,88	22,07
R <sup>2</sup> (whitin)	0,0432	0,1333	0,0939	0,1251

a – as estatísticas t estão indicadas entre parênteses

\* - indica nível de significância a 1%

\*\* - indica nível de significância a 5%

\*\*\* - indica nível de significância a 10%

Tabela 3.2. Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos aleatórios

	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
Constante	4,9485 (2,42)**	2,1397 (3,59)*	2,8279 (5,55)*	2,2293 (3,53)*
$x_{it}$ - índice de expansão agrícola	-2,8524 (-0,94)	1,022 (2,96)*	0,4618 (2,26)**	0,9680 (2,21)**
$x_{it}^2$	1,5418 (1,21)	-0,0957 (-2,07)**	-0,02389 (-1,39)	-0,0953 (-1,39)
$x_{it}^3$	-0,1859 (-1,27)	0,0023 (1,72)***	0,0003 (1,03)	0,0026 (1,03)
Nº de obs.	135	135	135	135
Teste Wald	4,10	14,97*	8,53**	12,66*
Teste de Breusch-Pagan	107,87	117,83	110,37*	101,51*
R <sup>2</sup>	0,0424	0,1332	0,0938	0,1236

a – as estatísticas t estão indicadas entre parênteses

\* - indica nível de significância a 1%

\*\* - indica nível de significância a 5%

\*\*\* - indica nível de significância a 10%

<sup>8</sup> Para os dados relativos à renda per capita dos estados brasileiros, recorremos ao banco de dados do IPEA, disponíveis em [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br).

Analisando as tabelas 1 e 2, verificamos que as estatísticas t para o modelo A são não-significativas, com exceção da constante, tanto no caso de efeitos fixos como de efeitos aleatórios. Igualmente não-significativos são os testes F(efeitos fixos) e de Wald (efeitos aleatórios) para o modelo A, o que permite concluir que este não permite explicar a trajetória da renda per capita, dos estados e do distrito federal, associada ao índice de expansão agrícola que utiliza o critério da área agrícola total.

Já no caso do modelo B, tanto as estatísticas t associadas aos regressores, quanto os testes F e de Wald, são todos significativos. Os sinais para os coeficientes dos regressores têm os sinais esperados, com  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ , o que traduz uma especificação cúbica em forma de “N”, como será visto no gráfico 2, correspondente aos resultados estimados do modelo. A hipótese nula,  $H_0$ , de que a diferença nos coeficientes estimados para o modelo B de efeitos fixos e o modelo B de efeitos aleatórios não é sistemática, é aceita. Assim, deve-se optar pelo modelo B de efeitos aleatórios. O resultado do teste de Breusch-Pagan, representado na tabela 2, de que  $\text{Var}(v_i) = 0$  indica que essa hipótese é rejeitada. O valor correspondente ao  $R^2(\text{whitin})$  é igual a 0,1333. Portanto, considerando todos esses resultados, podemos concluir que o critério utilizado para o índice de expansão agrícola que emprega a área agrícola utilizada, permite construir um modelo significativo e bem especificado para relacionar a trajetória intertemporal da renda per capita com a utilização da lavoura agrícola.

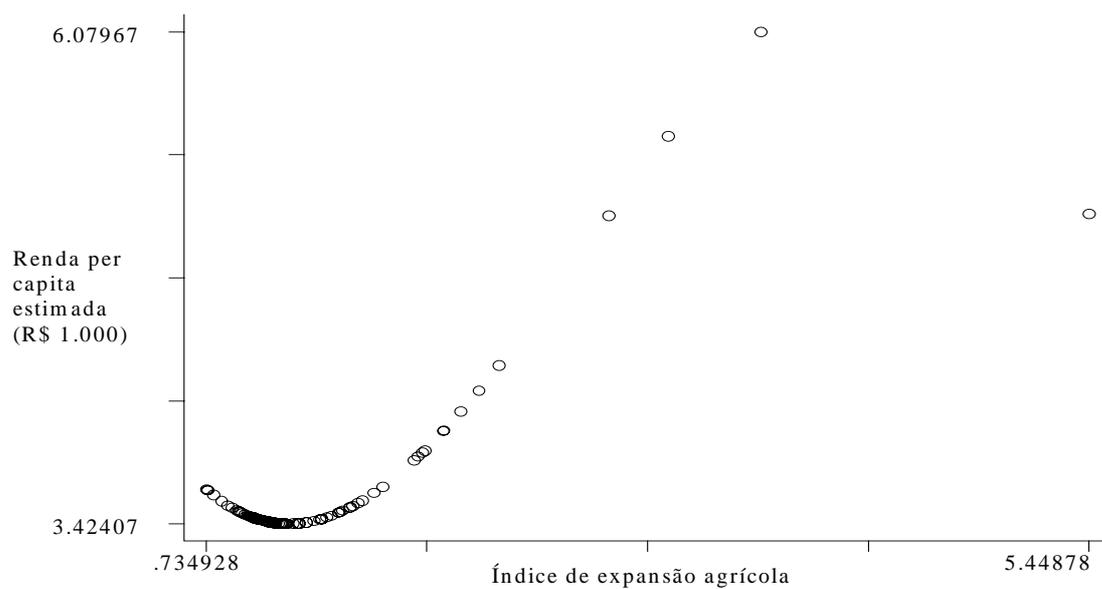
No caso do modelo C, as únicas estatísticas significativas correspondem à constante e ao índice de expansão agrícola com expoente unitário. Os testes F e de Wald são significativos. A hipótese nula do teste de Hausman, de não sistematicidade na diferença entre os valores dos coeficientes do modelo de efeitos fixos e os coeficientes do modelo de efeitos aleatórios, é aceita neste caso, o que indica que se deve optar pelos efeitos aleatórios. O resultado do teste de Breusch-Pagan, de que  $\text{Var}(v_i) = 0$ , indica que essa hipótese é rejeitada. Portanto, o modelo C, que emprega o critério da área agrícola permanente, é parcialmente significativo em relação ao poder de explicação de suas variáveis.

O modelo D, além dessas variáveis, apresenta o índice de expansão agrícola com expoente dois como variável significativa, no caso de efeitos fixos (whitin). Os testes F e de Wald são também significativos neste caso. A hipótese nula do teste de Hausman é rejeitada no modelo D, o que indica que se deve optar pelos efeitos fixos. O resultado do teste de Breusch-Pagan, de que  $\text{Var}(v_i) = 0$ , indica que essa hipótese é

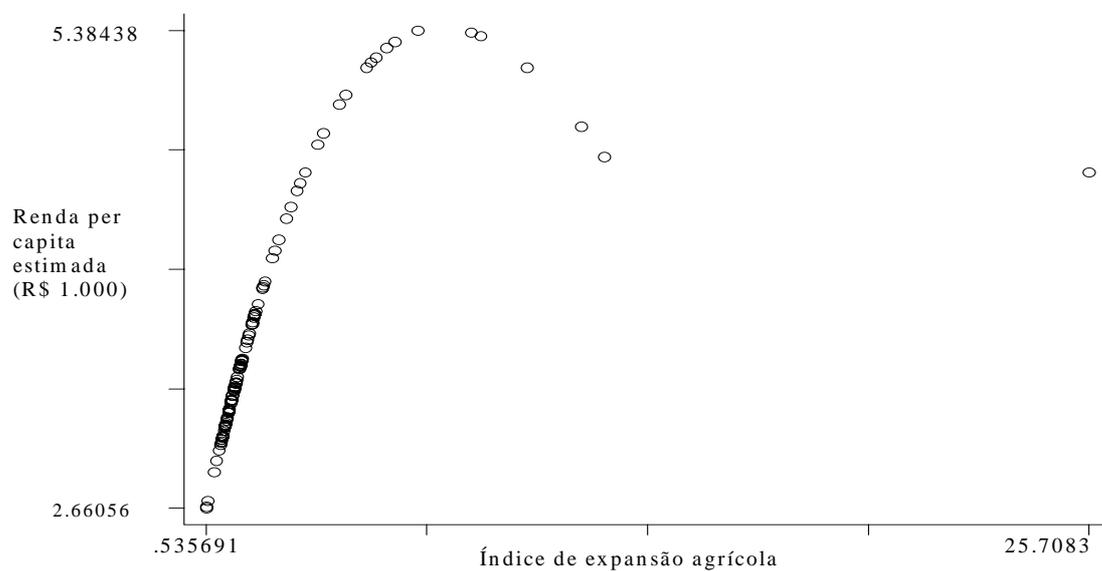
rejeitada. Como no caso do modelo C, o modelo D é também parcialmente significativo em relação às suas variáveis.

Comparando a análise dos resultados do caso em que se emprega o conceito de área agrícola utilizada, com o caso em que se empregam apenas a área agrícola permanente ou a área agrícola temporária, onde os modelos resultam apenas parcialmente significativos, observa-se que apenas quando são somadas as áreas agrícola permanente e temporária é que se obtém um modelo que se mostra bem especificado e significativo. Dessa forma, a substituição de culturas é comprovada empiricamente. Isto é, o modelo se mostra significativo e bem especificado apenas quando se emprega o conceito de área agrícola utilizada, onde se permite a substituição de uma cultura permanente por uma cultura temporária e vice-versa. Embora não tenhamos discutido a questão de preços relativos, em termos práticos, o fato de apenas o modelo que envolve o conceito de área agrícola utilizada ser estatisticamente significativo e bem especificado, permite concluir que, quando existe uma mudança de preços relativos entre culturas permanentes e temporárias, o produtor tende sempre a investir na cultura que apresentar, momentaneamente, o melhor preço de mercado, no momento da decisão do que plantar. Se uma cultura permanente está apresentando preços declinantes ao longo do tempo, o produtor geralmente toma a decisão de migrar para uma cultura temporária, retornando à cultura anterior apenas no caso de recuperação dos seus preços.

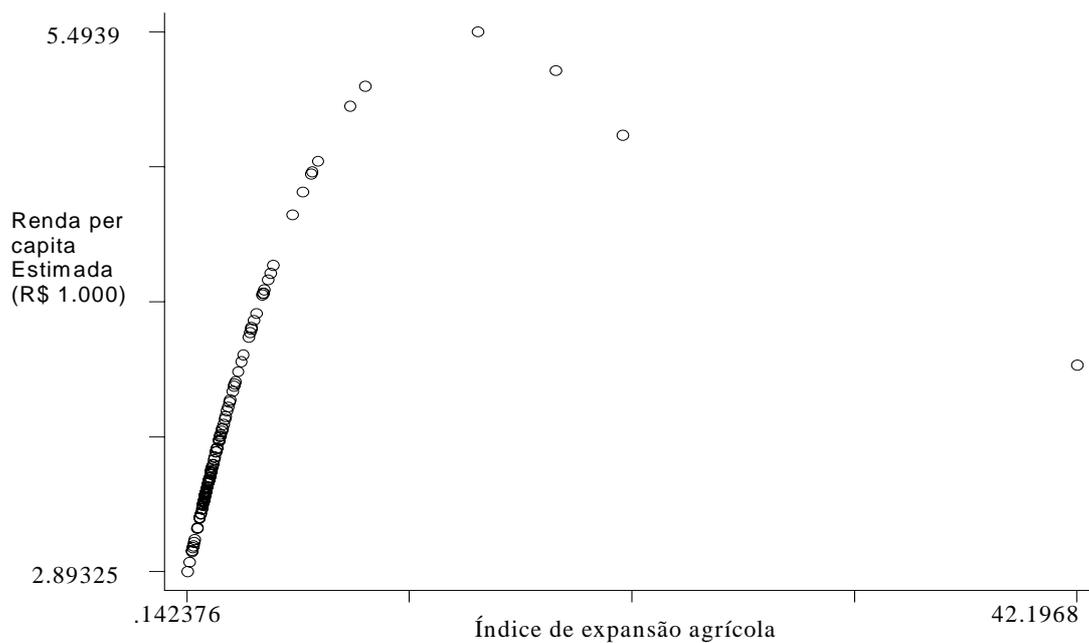
Os gráficos que representam a relação entre a renda per capita estimada e a evolução do índice de expansão agrícola das unidades federativas brasileiras, para os diferentes modelos estimados, estão representados a seguir.



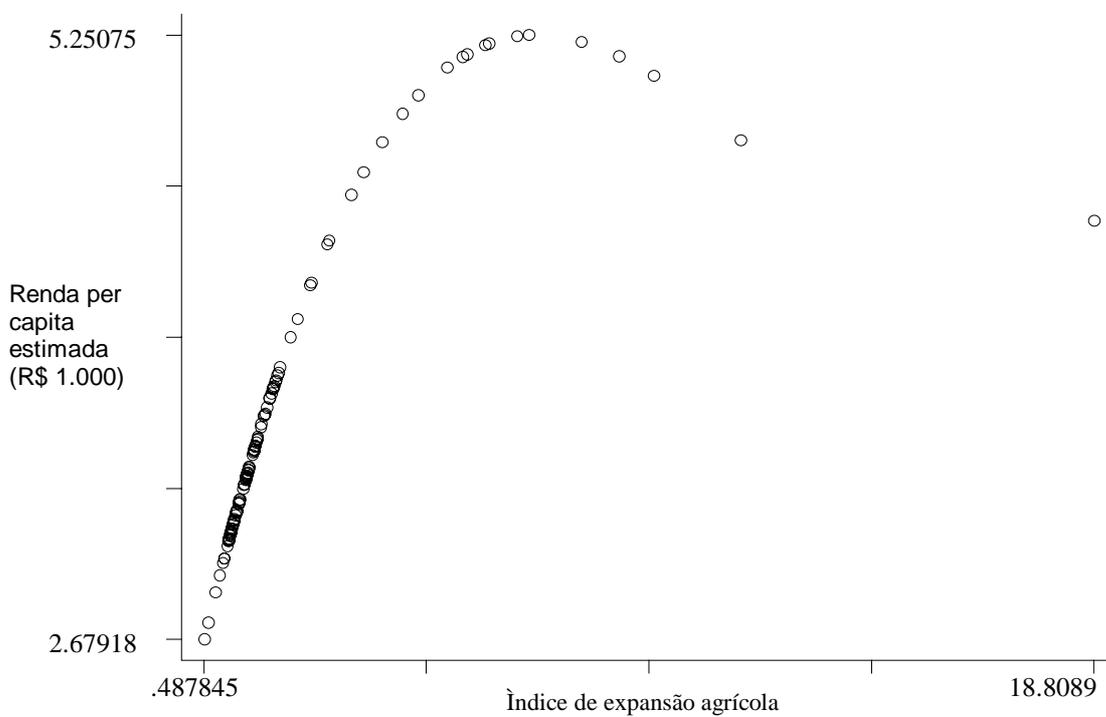
**Gráfico 3. 1. Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da superfície agrícola total**



**Gráfico 3. 2. Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da lavoura agrícola utilizada**



**Gráfico 3.3. Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da lavoura agrícola permanente**



**Gráfico 3.4. Tendência projetada para a renda per capita das unidades federativas brasileiras em função da expansão da lavoura agrícola temporária**

Observando os gráficos acima, podemos perceber a presença de *leverage points*. Por isso, estimamos as regressões de cada modelo sem a presença desses *outliers*, para isolar sua influência sobre as outras variáveis, cujos resultados estão abaixo.

Tabela3.3. Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos fixos (sem *leverage point*).

	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
Constante	6.5080 (1,89)***	0,7886 (1,21)	2,5410 (6,44)*	1,4788 (2,06)*
$x_{it}$ - índice de expansão agrícola	-6,1213 (-1,00)	2,5370 (3,85)*	0,7147 (2,20)**	1,7698 (2,41)*
$x_{it}^2$	3,5697 (1,09)	-0,4524 (-3,12)*	-0,0577 (-1,22)	-0,2686 (-1,65)***
$x_{it}^3$	-0,5354 (-1,01)	0,0233 (2,81)*	0,0014 (0,88)	0,0125 (1,30)
Nº de observações	134	134	134	134
Teste F(fe)	1,69	7,80*	3,75**	5,28*
Teste Hausman	1,48	6,94***	3,05	52,77*
$R^2$ (whitin)	0,0464	0,1837	0,0977	0,1321

a – as estatísticas t estão indicadas entre parênteses

\* - indica nível de significância a 1%

\*\* - indica nível de significância a 5%

\*\*\* - indica nível de significância a 10%

Tabela3.4 .Análise dos resultados-relação entre renda per capita das unidades federativas brasileiras e índice de expansão agrícola – efeitos aleatórios (sem *leverage point*)

	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
Constante	7,1207 (2,11)**	1,0839 (1,44)	2,7021 (4,85)*	2,0553 (2,56)*
$x_{it}$ - índice de expansão agrícola	-7,0121 (-1,17)	2,2423 (3,46)*	0,5259 (1,90)***	1,1785 (1,61)**
$x_{it}^2$	3,9277 (1,22)	-0,3956 (-2,77)*	-0,0480 (-1,04)	-0,1506 (-0,93)
$x_{it}^3$	-0,5866 (-1,13)	0,0203 (2,47)**	0,0012 (0,75)	0,0062 (0,65)
Nº de obs.	134	134	134	134
Test Wald	4,58	20,08*	8,78**	12,35*
Teste de Breusch-Pagan	106,95*	114,76*	110,37*	101,51*
$R^2$	0,0453	0,1836	0,0977	0,1287

a – as estatísticas t estão indicadas entre parênteses

\* - indica nível de significância a 1%

\*\* - indica nível de significância a 5%

\*\*\* - indica nível de significância a 10%

Ao analisar as tabelas 3 e 4, podemos observar que os resultados não sofrem mudanças significativas em relação aos modelos que incorporam o *leverage point*.

No caso do modelo A as estatísticas t são não-significativas, com exceção da constante, tanto no caso de efeitos fixos como de efeitos aleatórios. Igualmente não-significativos são os testes F(efeitos fixos) e de Wald (efeitos aleatórios) para o modelo A, o que permite concluir que este não permite explicar a trajetória da renda per capita, dos estados e do distrito federal, associada ao índice de expansão agrícola que utiliza o critério da área agrícola total.

Já no caso do modelo B, tanto as estatísticas t associadas aos regressores, quanto os testes F e de Wald, são todos significativos. Os sinais para os coeficientes dos regressores têm os sinais esperados, com  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ , o que traduz uma especificação cúbica em forma de “N”, como será visto no gráfico 2, correspondente aos resultados estimados do modelo. A hipótese nula,  $H_0$ , de que a diferença nos coeficientes estimados para o modelo B de efeitos fixos e o modelo B de efeitos aleatórios não é sistemática, é aceita. Assim, deve-se optar pelo modelo B de efeitos aleatórios. O resultado do teste de Breusch-Pagan, representado na tabela 2, de que  $\text{Var}(v_i) = 0$  indica que essa hipótese é rejeitada. O valor correspondente ao  $R^2(\text{whitin})$  é igual a 0,1333. Portanto, considerando todos esses resultados, podemos concluir que o critério utilizado para o índice de expansão agrícola que emprega a área agrícola utilizada, permite construir um modelo significativo e bem especificado para relacionar a trajetória intertemporal da renda per capita com a utilização da lavoura agrícola.

No caso do modelo C, as únicas estatísticas significativas correspondem à constante e ao índice de expansão agrícola com expoente unitário. Os testes F e de Wald são significativos. A hipótese nula do teste de Hausman, de não sistematicidade na diferença entre os valores dos coeficientes do modelo de efeitos fixos e os coeficientes do modelo de efeitos aleatórios, é aceita neste caso, o que indica que se deve optar pelos efeitos aleatórios. O resultado do teste de Breusch-Pagan, de que  $\text{Var}(v_i) = 0$ , indica que essa hipótese é rejeitada. Portanto, o modelo C, que emprega o critério da área agrícola permanente, é parcialmente significativo em relação ao poder de explicação de suas variáveis.

O modelo D, além dessas variáveis, apresenta o índice de expansão agrícola com expoente dois como variável significativa, no caso de efeitos fixos (whitin). Os testes F e de Wald são também significativos neste caso. A hipótese nula do teste de

Hausman é rejeitada no modelo D, o que indica que se deve optar pelos efeitos fixos. O resultado do teste de Breusch-Pagan, de que  $\text{Var}(v_i)=0$ , indica que essa hipótese é rejeitada. Como no caso do modelo C, o modelo D é também parcialmente significativo em relação às suas variáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou fazer uma concisa recapitulação do padrão de conflito, observado ao longo da história, entre economia e meio ambiente, que foi alterado, significativamente, após a emergência dos choques do petróleo na década de 70. Esses choques contribuíram, de modo decisivo, para que a sociedade desse um salto de qualidade quanto à postura secularmente adotada de ignorar os efeitos das atividades econômicas sobre os recursos naturais, bem como de considerar estes como se fossem inesgotáveis. Isso permitiu o aprofundamento da consciência ambiental, que induziu a elaboração de um novo modelo de desenvolvimento, baseado na tentativa de obtenção de um equilíbrio ótimo entre crescimento econômico e a qualidade ambiental. É a partir dessa tentativa de estabelecer novos marcos teóricos para o binômio economia-meio ambiente que surgiu e evoluiu o conceito de desenvolvimento sustentável.

No capítulo 1, procuramos mostrar como o desenvolvimento sustentável procura equacionar os conflitos historicamente embutidos na relação entre economia e o uso ótimo dos recursos naturais. Através de suas propostas, tenta-se conseguir o gerenciamento responsável dos recursos naturais, de modo a permitir que o seu uso ao longo do tempo pelas sucessivas gerações. O objetivo do desenvolvimento sustentável é que qualquer geração venha a desfrutar de um nível de bem-estar proporcionado pelos recursos naturais, tanto em termos de consumo per capita, como de prazer estético, igual ou superior ao da geração antecedente.

Existem duas vertentes que se opõem dentro do desenvolvimento sustentável: os defensores da “sustentabilidade forte” e os partidários da “sustentabilidade fraca”. Estes sustentam a postura de que o capital natural pode ser substituído por capital físico e humano (que agregados equivalem ao capital material) para a produção de bens e serviços demandados pela sociedade. Aqueles consideram que o capital natural é imprescindível e não pode ser substituído. O que determinará a solução para essa controvérsia será a estimação da elasticidade de substituição técnica entre capital natural e capital material, o que na prática não é uma tarefa fácil, em decorrência de uma série de fatores, entre os quais a disponibilidade escassa de indicadores ambientais que permitam avaliar adequadamente o capital natural, diferentemente do que ocorre no caso do capital físico e humano, para os quais existem os dados referentes às Contas

Nacionais. Solow afirma que, se a elasticidade de substituição técnica entre capital natural e os demais fatores produtivos for igual ou superior a um, haverá substitutibilidade, implicando no fato de que os recursos naturais não serão determinantes para a continuidade da produção. Caso contrário, se a elasticidade for inferior a um, o capital natural e os demais fatores produtivos serão complementares, implicando no fato de que a exaustão dos recursos naturais inviabilizará a continuidade, não só do processo produtivo, como da própria vida no planeta, implicando no *doomsday*.

Nos últimos anos, avançaram significativamente as pesquisas relacionadas à estimação da Curva de Kuznets Ambiental (CKA), que procura avaliar a relação existente entre crescimento econômico e indicadores de poluição. A premissa básica da CKA é a de que, inicialmente, o crescimento econômico apresenta uma correlação positiva com a degradação ambiental. Após ser atingido determinado patamar de desenvolvimento econômico, com a disseminação de tecnologias limpas, a correlação passa a ser negativa. A CKA tem sido confirmada para poluentes locais e de curta duração, como o dióxido de enxofre. Já para o caso de poluentes de caráter global e de longa duração, como o dióxido de carbono e os gases associados à destruição da camada de ozônio, a situação não é a mesma. Pesquisas também têm demonstrando que a adoção de tecnologias limpas depende da acumulação de um grande estoque de capital físico. Outras pesquisas têm apontado que essa adoção também depende do sistema institucional do país em questão. Se distorções institucionais estiverem presentes, como corrupção e ineficiência burocrática, a adoção de tecnologias limpas e o investimento dos ganhos associados à exploração dos recursos naturais em setores mais dinâmicos, como a indústria, serão extremamente dificultados.

É importante frisar que, como a Ciência Econômica, desde o seu surgimento, teve como preocupação crucial investigar e analisar as causas que permitem elevar permanentemente o produto per capita de uma nação, a preocupação com o manejo adequado dos recursos naturais ficou relegada a um plano secundário, já que se admitia que não haveria escassez desses recursos e o crescimento econômico não encontraria restrições ambientais. Sendo a qualidade ambiental considerada um bem público puro, existe o incentivo para o surgimento do comportamento *free-rider*, já que os indivíduos têm a tendência de não revelarem suas preferências quanto à valoração desse bem, mesmo que todos se beneficiem igualmente do seu consumo. Esse comportamento, no que concerne ao uso dos bens ambientais, tem como consequência, em muitos casos, a

chamada “tragédia dos comuns”. Essa expressão designa uma situação particular onde todos os indivíduos, relativamente ao uso de recursos naturais de propriedade comum, como o ar e a água, procuram maximizar os seus benefícios advindos do uso desses bens, esquivando-se de arcar com os ônus da manutenção da qualidade ambiental, de onde decorrem fenômenos como a poluição atmosférica e hídrica, bem como a possibilidade de exaustão de recursos naturais e a extinção de espécies animais e vegetais.

No capítulo 2, abordamos concisamente a evolução do pensamento econômico, a partir do mercantilismo e da fisiocracia, passando pela Escola Clássica e revolução keynesiana sobre os fatores que engendram o crescimento do produto e da riqueza de uma nação, até a as modernas teorias do crescimento econômico, tanto as que consideram o progresso tecnológico como sendo exógeno, como faz a abordagem neoclássica, como as que consideram a tecnologia como sendo o resultado do investimento em capital humano, como faz a abordagem da Nova Teoria do Crescimento Econômico ou Teoria do Crescimento Endógeno.

A moderna teoria do crescimento econômico surgiu a partir da publicação dos trabalhos seminais de Solow, de abordagem neoclássica. O modelo original de Solow considera uma economia fechada, com agentes racionais, concorrência perfeita, tecnologia com rendimentos constantes de escala, dois fatores produtivos e produção de um único bem. Neste modelo, que pressupõe rendimentos decrescentes na produtividade do trabalho e do capital, se prevê que os países mais pobres, que investirem na acumulação de capital, por possuírem relativa escassez de capital, irão crescer a taxas mais elevadas que os países mais ricos nesse fator produtivo, o que implica na aceitação da hipótese de convergência quanto às taxas. Empiricamente, tem sido demonstrado que existe convergência relativa, mas não convergência absoluta.

O modelo original de Solow não incorporava os recursos naturais como fator produtivo, o que traduzia a hipótese implícita de que não haveria restrições físicas ao crescimento econômico. No entanto, essa hipótese não considerava os efeitos restritivos sobre o crescimento econômico advindos da possibilidade de depleção total dos recursos naturais exauríveis. Efetivamente, muitos países perseguiram e alcançaram o desenvolvimento econômico, segundo os padrões tradicionais, mas às custas de processos muito acentuados de degradação ambiental. Posteriormente, após o primeiro choque do petróleo, após a década de 1970, Solow e outros economistas de tradição neoclássica incorporaram os recursos naturais aos seus modelos de crescimento. Nessa

perspectiva, o crescimento sustentável vai depender, principalmente, da dinâmica do crescimento populacional e do progresso tecnológico.

Seguindo o exemplo dos modelos neoclássicos, ao longo da década de 90, os modelos de crescimento endógeno, que prevêem a possibilidade de se conseguir rendimentos crescentes da produtividade do trabalho, também incorporaram variáveis ambientais. Os primeiros modelos de crescimento endógeno, de abordagem AK, prevêem várias restrições ao crescimento econômico diante da escassez de recursos naturais. Já os modelos de abordagem schumpeteriana apresentam a vantagem de permitir o crescimento econômico ilimitado, desde que haja um fluxo contínuo de inovações resultante do progresso científico e tecnológico.

No capítulo 3, como contribuição empírica, o trabalho procurou avaliar a plausibilidade do padrão de “explosão e quebra” associado ao “Mal Holandês”. Isso foi feito por meio da aplicação de dados de painel para as unidades federativas brasileiras, estimando um modelo com regressão cúbica que associa o comportamento da renda per capita dessas unidades federativas com um índice de expansão agrícola. Foi constatado que, quando se considera a superfície agrícola total, que inclui várias categorias de terras agrícolas, para o cálculo do índice, o modelo não é bem especificado e significativo no que se refere ao poder de explicação dos regressores em relação à variável dependente. No entanto, quando o índice é calculado com dados referentes à lavoura utilizada, a situação é diferente. O modelo, neste caso, é significativo e bem especificado, sendo constatado um padrão de “explosão e quebra” do processo de crescimento econômico associado à expansão da lavoura agrícola.

Quando o modelo foi estimado de modo fragmentado, utilizando separadamente a área agrícola temporária e a área agrícola permanente, resulta ser apenas parcialmente significativo. Dessa forma, se constatou que o modelo indica a substituição de culturas permanentes por temporárias e vice-versa, o que vai depender da maior ou menor retorno financeiro no momento da plantação, embora este não estivesse entre os objetivos explícitos iniciais do trabalho. Ficou evidenciado empiricamente em nosso trabalho que a ampliação do uso de capital natural, representado em nosso modelo pela área agrícola, está atrelada a um comportamento de rendimentos decrescentes, comprovados pelo padrão de “explosão e quebra”, em relação à evolução da renda per capita das unidades geográficas analisadas. Portanto, de acordo com o que foi exposto, no caso da agricultura brasileira, de um ponto de vista global, deveria ser aplicada uma “regra modificada de Hartwick”, onde os lucros originados dos “booms” agrícolas

deveriam ser empregados em setores mais dinâmicos que agregassem maior valor adicionado.

Finalmente, salientamos que a nossa contribuição possui algumas limitações que fazemos questão de destacar. Uma delas é o fato de que utilizamos, para o cálculo do índice de expansão agrícola, os dados referentes às unidades federativas brasileiras (estados e distrito federal), o que traz implícito um alto nível de agregação. Presumivelmente, a desagregação dos dados por meio, por exemplo, da utilização de dados referentes aos municípios ou de microrregiões brasileiras permitiria a avaliação mais acurada da relação entre a evolução da renda per capita dessas unidades de observação e a expansão da área agrícola ao longo do tempo, já que teríamos uma disponibilidade de dados muito maior, implicando numa maior consistência para as variáveis empregadas.

Outra limitação é o fato de não termos dividido as unidades federativas brasileiras em subgrupos de renda per capita ou de Regiões Geográficas, procurando avaliar como se comporta, ao longo do tempo, a evolução da renda per capita relativamente ao índice de expansão agrícola quando são considerados esses diferentes critérios de análise. Não adotamos esse critério por não nos parecer adequado em nosso caso, onde os dados estão agregados para estados e o distrito federal, o que não permitiria a formação de sub-grupos de análise com relativa abundância de dados. Tal análise seria perfeitamente adequada e recomendável em um maior nível de desagregação em termos de unidades geográficas, como o que seria possível empregando os dados relativos aos municípios ou às microrregiões.

Uma última limitação que queremos mencionar em nossa análise empírica é o fato de não termos empregado outras variáveis de controle. Variáveis como Índice de Gini de concentração de terras e participação de produtos primários nas exportações totais, índices de qualidade institucional, dentre outras, relativamente às unidades geográficas analisadas, poderiam ser usadas para avaliar empiricamente a teoria do “Mal Holandês” para o Brasil relativamente ao comportamento intertemporal da renda per capita. Essas possibilidades de investigação ficam, assim, condicionadas a pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGHION, Philippe; HOWITT, Peter. *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1998.
- ARROW, Keneth J. The economic implications of learning by doing. *Review Economic Studies*, v. 29, p. 155-173, 1962.
- BARRO, Robert. Economic Growth in a Cross-Section of Countries. *Quarterly Journal of Economics*, v. 106, p. 407-443.
- \_\_\_\_\_; SALA-I-MARTIN, Xavier. Convergence. *Journal of Political Economy*, v. 100, p. 233-251.
- BARBIER, Edward B. The Role of Natural Resources in Economic Development. *Australian Economic Papers* v.42, n.2, p.253-272, 2003.
- BATASYAL, Amitrajeet A. Quantifying the transient of ecological-economic systems to perturbations. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 20, p.125-133, 2000.
- BECKER, Gary S. *et alii*. Human Capital, Fertility, and Economic Growth. *Journal of Political Economy*, v. 98, n.5, S12-S37.
- BECKMANN, Martin J. The Limits to Growth in a Neoclassical World. *American Economic Review*, v. 65, p. 695-700, set. 1975.
- BELTRATTI, Andrea. *Models of Economic Growth with Environmental Assets*. Dordrecht/Boston/Londres, Kluwer Academic Publishers, , 1996.
- BOVENBERG, A. Lans; SMULDERS, Sjak. Environmental quality and pollution-augmenting technological change in a two-sector endogenous growth model. *Journal of Public Economics*, v. 57, p. 369-391, 1995.
- BREKKE, Kjell Arne, *et alii*. Are There Social Limits to Growth? . Kongsvinger, Statistics Norway, Research Department, 1998, (Discussions Papers n. 239).
- BRIDGEWATER, P. B. Biosphere reserves: special places for people and nature. *Environmental Science and Policy*, v. 5, p.59-12, 2002.
- CHAPELL, David; DOWD, Kevin. The Optimal Extraction of a Privately Owned Renewable Resource. Department of Economics. University of Sheffield, England, 1999.
- CLARK, Colin W. *Mathematical Bioeconomics – The Optimal Management of Renewable Resources*. Jonh Wiley & Sons, Inc, New York/Chichester/Brisbane/Toronto/Singapore, Segunda edição, 1990.
- CONRAD, Jon M. *Resources Economics*. Cambridge University Press, 1999.
- DALY, Herman E. The World Dynamics of Economic Growth – The Economics of the Steady State. *American Economic Review*, v. 64, n.2, p. 15-21, 1974.
- DASGUPTA, Partha; HEAL, Geoffrey M. The optimal depletion of exhaustible resources. *The Review of Economic Studies*, Symposium on the Economic Exhaustible Resources, p. 3-28, 1974.
- DE BRUYN, Sander M. *Economic Growth and the Environment*. Dordrecht: Kluwer, 2000.
- DELGADO, Guilherme, *et alii*. *Agricultura e Políticas Públicas*. Brasília IPEA, 1990, (Série IPEA, n. 127).

- DRAZEN, Allan. *Political Economy in Macroeconomics*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2000.
- FABER, Malte et alii. *Ecological Economics: Concepts and Methods*. New York, Edward Elgar Publishing, 1996.
- FAUCHEUX, Sylvie, et alii. Neoclassical natural capital theory and “weak” indicators for sustainability. *Land Economics*, v. 73, n.4, pg. 528-552, 1997.
- FISHER, Eric O’N., VAN MARREWIJK, Charles. *Pollution and Economic Growth*. Columbus: Ohio State University, 1997 (working paper).
- FRIEDL, Birgit; GETZNER, Michael. Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in a small open economy. *Ecological Economics*, v. 45, p. 133-148, 2003.
- GARCÍA, Francisco Javier André; TENA, Emilio Cerda. A Generalized Production Set: The Production and Recycling Function. Sevilla, Fundación Centro de Estudios Andaluces (Economic Working Paper, E2001/07, dez., 2001).
- GJERDE, Jon, et alii. Optimal climate policy under the possibility of a catastrophe. *Resource and Energy Economics*, v. 21, p.289-317, 1999.
- GROSSMAN, Gene M., KRUEGER, Alan B. Economic Growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, v.110, p.353-377, 1995.
- HACKETT, Steven C. *Environmental and Natural Resources Economics – Theory, Policy and the Sustainable Society*. New York, Ed. M. E. Sharpe, 1998.
- HARTWICK, John M. Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. *American Economic Review*, v. 67, n. 5, 1977.
- HOTELLING, Harold. The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, v. 39, n.2, p. 124-142, 1931.
- KEYNES, John Maynard. *A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda*. São Paulo, Atlas, 1982.
- KLEPER, Gernot, et alii. Dart 97: The description of the Multi-Regional, multi-sectoral Trade Model for the analysis of climate policies. Kiel Institute for World Economics, fevereiro de 2003 (Kiel working paper, n.1149)
- KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality, *American Economic Review*. January, v.45, p. 1-28, 1955
- LEHMAN, Dale E. Doomsday Reconsidered. *Resources and Energy*, v. 3, p. 337-357, 1981.
- LUCAS Jr., Robert E. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, v..22, n.1, p. 3-42 ,1988.
- ISLAM, S. M. N. *Optimal Growth Economics – An Investigation of the Contemporary Issues and the Prospect for Sustainable Growth*. Amsterdam: North-Holland, 2001. (Contributions to Economic Analysis, v. 252)
- KOLSTAD, Charles D. *Environmental Economics*. Oxford University Press, 2000.
- MATSEN, Egil; Torvik Ragnar. Optimal Dutch Disease. Department of Economics, Norwegian University of Science and Technology, (Working Paper Series, n.1/2003).
- MATSUYAMA, Kiminori. Agricultural productivity, comparative advantage and economic growth. Discussion Paper n. 934, Department of Economics, Northwestern University, 1991.

- MEBRATU, Desta. Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 18, p.493-520, 1998.
- MOTTA, Ronaldo Seroa da. Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos. Rio de Janeiro, (Texto para discussão n. 403, fev, 1996).
- MUNDLAK, Yair. Explaining Economic Growth. *American Journal Agricultural Economic*, v. 83, n.5, p.1154-1167, 2001.
- MYRHMAN, John. Introduction: Reflection on the Growth of Government. *Journal of Public Economics*, v. 28, p.275-285, 1985.
- NASH, John F. Non-Cooperatives Games. *Annals of Mathematics* , v. 54, p. 286-295, 1951.
- NORDHAUS, William D. Resources as a Constraint on Growth. *American Economic Review* , v.64, p. 22-26, maio, 1974.
- \_\_\_\_\_, William D. Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem. *American Economic Review*, v. 67, n.1, p. 341-346, fev. 1977.
- NORTH, Douglass C. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, University Press, 1990.
- OSER, Jacob; BLANCHFIELD, William C. *História do Pensamento Econômico*. São Paulo, Atlas, 1983.
- PEARCE, David W.; ATKINSON, Giles D. Capital Theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *Ecological Economics*, v. 8, p. 103-108, 1993.
- PIZER, William A. The optimal choice of climate change policy in the presence of uncertainty. *Resource and Energy Economics* , v. 21, p.255-287, 1999.
- REIS, Ana Balcão; CUNHA-E -SÁ, Maria A. Pollution, endogenous growth and the adoption of green technologies. Lisboa, Portugal, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Economia, julho, 2003.
- ROCA, Jordi. Do individual preferences explain the Environmental Kuznetz Curve?. *Ecological Economics*, v. 45, p. 3-10, 2003.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Globalização e meio ambiente. Campinas (Texto para discussão. IE/UNICAMP. n 91 nov. 1999).
- ROMER, Paul M. Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, v. 94, n.5, p. 1002-1037, 1986.
- \_\_\_\_\_. Why, Indeed, in America? Theory, History, and the Origins of Modern Economic Growth , *American Economic Review* , v. 86, n.2, p. 202-06, 1996
- SACHS, Jeffrey D.; WARNER, Andrew M. Natural abundance and economic growth. (Working Paper 5398, NBER, dez .1995).
- \_\_\_\_\_. Fundamental Sources of Long-Run Growth. *American Economic Review*, v. 87, n.2, p. 184-188,1997.
- \_\_\_\_\_.The big-push, natural resource booms and growth. *Journal of Development Economics*, v. 59, p. 43-76, 1999.
- \_\_\_\_\_; LARRAIN, Felipe B. *Macroeconomia em uma Economia Global*. São Paulo ,Makron Books, 2000.

- SALA-I-MARTIN, Xavier. I Just Ran Two Million Regression. *American Economic Review*, v. 87, n.2, p. 178-183,1997.
- SCULLY, Gerald W. *Constitutional Environments and Economic Growth*. New Jersey ,Princeton University, Princeton Press, 1992.
- SMITH, Adam. *A Riqueza das Nações: Uma Investigação Sobre a Natureza e as Causas das Riquezas das Nações*. São Paulo, Editora Hemus, 1981.
- SOLOW, Robert. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94,1956.
- \_\_\_\_\_. The Economics of Resources or the Resources of Economics. *American Economic Review*, v.64, n.2, p. 1-14, maio, 1974.
- \_\_\_\_\_. Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. *Review of Studies Economics*, v. 41, p. 29-45, 1974.
- \_\_\_\_\_. Growth Theory and After. *American Economic Review*, v.78, n.3, p.307-317, 1986.
- \_\_\_\_\_. Perspectives on Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives*, v. 8, n.1, p. 45-54, 1994.
- SPANGENBERG, Joachim H. Institutional sustainability indicators: an analisys of the institutions in Agenda 21 and a draft set of indicators for monitoring their effectivity. *Sustainable Development*, v. 10, p.103-115, 2002.
- STIGLITZ, Joseph E. Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth. *Review of Economic Studies*, Symposium, p. 123-137, 1974a.
- \_\_\_\_\_. Growth with exhaustible resources: the competitive economy. *Review of Economic Studies*, Symposium, p. 139-152, 1974b.
- \_\_\_\_\_. Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources. *American Economic Review*, v.66, n.4, p.655-661,1976.
- STOKEY, Nancy L. Are There Limits to Growth? *International Economic Review* , v.39, n.1, p.1-31, 1998.
- TAHVONEN, Olli, SALO, Seppo. Economic growth and transitions between renewable and nonrenewable energy resources. *European Economic Review*, v.45, p.1379-1398, 2001.
- ULPH, A. e VALENTINI, L. Plant location and Strategic Environmental Policy with Intersectorial Linkages,*Resource and Energy Economics*, v. 19, n.4, p.363-383, 1997.
- VICTOR, Peter A. Indicators of Sustainable development: some lessons from capital theory. *Ecological Economics*, v.4, p.191-213, 1991.
- WRIGHT, Gavin. The Origins of American Industrial Sucess. *American Economic Review*, v. 80, n.4, set. 1990.
- WORLD DEVELOPMENT REPORT(OVERVIEW) – *Sustainable Development in a Dynamic World*, Washigton The World Bank, 2003.

**Documentos**

-*Almanaque Abril, Mundo 2002*. São Paulo, Editora Abril, , 2002.

-INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL-BRASIL-2002. IBGE

-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Agropecuário de 1970*, disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

\_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário de 1975*, disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

\_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário de 1980*, disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

\_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário de 1985*, disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

\_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário de 1995/1996*, disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

-INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *IPEADATA-Contas Nacionais*, disponível em [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br)

-[www.planetaorganico.com/aguamal.htm](http://www.planetaorganico.com/aguamal.htm) – *O mal uso da água – O Mar de Aral*.