

DENILSON ALDINO BEAL

**O MODELO DE SOLOW E O GREEN SOLOW MODEL REVISITADOS: CAPITAL
NATURAL E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS**

Monografia apresentada ao Curso de
Ciências Econômicas, Setor de Ciências
Sociais Aplicadas, Universidade Federal
do Paraná.

Orientadora: Prof^ª Msc. Dayani Cris de
Aquino

**CURITIBA
2010**

Somos o que fazemos, mas somos, principalmente, o que fazemos
para mudar o que somos.

Eduardo Galeano

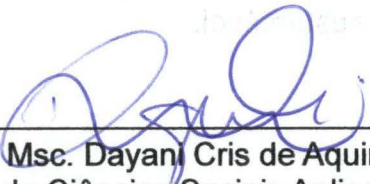
TERMO DE APROVAÇÃO

DENILSON ALDINO BEAL

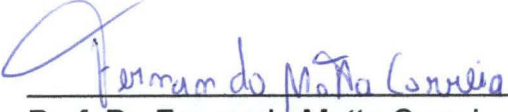
O MODELO DE SOLOW E O GREEN SOLOW MODEL REVISITADOS: CAPITAL NATURAL E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

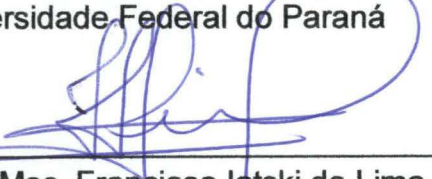
Orientadora:



Prof.^a Msc. Dayani Cris de Aquino
Setor de Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do Paraná



Prof. Dr. Fernando Motta Correia
Setor de Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do Paraná



Prof. Msc. Franciose Iatski de Lima
Setor de Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, _____ de _____ de 2010.

RESUMO

Na década de 1950, Robert M. Solow formalizou um dos mais importantes modelos de crescimento econômico da atualidade: o Modelo Neoclássico do Crescimento ou, puramente, Modelo de Solow. Nele, no entanto, foram desconsiderados o capital natural e o papel do Governo para as economias nacionais. Em 2004, na busca por um modelo que caracterizasse o patamar de crescimento sustentável para uma nação, William Brock e Scott Taylor expandiram o modelo neoclássico com a inclusão, embora parcial, do capital natural, no que foi intitulado *Green Solow Model (GSM)*. Embora respeitosa, tal iniciativa ainda relegou a segundo plano alguns aspectos concernentes ao capital natural, sem os quais o estudo do crescimento econômico vinculado ao meio ambiente não pode ser concretizado. Este trabalho tem por foco apresentar os principais aspectos da evolução teórica a que o Modelo de Solow foi submetido em sua versão estendida. Objetiva-se, ainda, cobrir uma possível lacuna da literatura ao argumentar que o equilíbrio encontrado pelo *GSM* é potencialmente incapaz de alcançar uma análise que concilie de forma suficiente as dinâmicas do crescimento econômico e do meio ambiente devido à internalização incompleta do capital natural e em menor escala da ausência de políticas governamentais no modelo.

Palavras Chave: Modelo de Solow, Green Solow Model, capital natural, políticas governamentais, crescimento sustentável.

ABSTRACT

In the 1950s, Robert M. Solow formalized one of today's most important economic growth models: the Neoclassical Growth Model, or purely Solow Model. In it, however, the natural capital and the role of government to national economies were disconsidered. In 2004, the search for a model that featured a level of sustainable growth for a nation, drove William Brock and Scott Taylor to expand the Neoclassical Model by including, although partialy, the natural capital, in what was called the Green Solow Model (GSM). Although respectful, this initiative still relegated to the background some aspects related to natural capital, without which the study of economic growth linked to the environment can not be properly achieved. This work focus on presenting the main aspects of theoretical evolution to which the Solow model was submitted in its extended version. It aims, also, to cover a possible literature gap by arguing that the equilibrium achieved by the GSM is potentially unable to achieve an analysis that adequately reconciles the dynamics of economic growth and the environment due to incomplete internalization of natural capital and, in lesser extent, the absence of public policies in the model.

Key Words: Solow Model, Green Solow Model, natural capital, public policies, sustainable growth.

LISTA DE SIGLAS

CKA - Curva de Kuznets Ambiental

GSM - Green Solow Model

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

RCE - Retornos Constantes de Escala

RDF - Rendimentos Decrescentes dos Fatores de Produção

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 01 - TAXAS DE CRESCIMENTO DO PRODUTO/RENDA E CAPITAL NO PATAMAR DO <i>STEADY-STATE</i>	16
FIGURA 01 - NÍVEIS DE CAPITAL E PRODUTO POR TRABALHADOR EFICIENTE NO <i>STEADY-STATE</i>	17
FIGURA 02 - NÍVEL DE CAPITAL POR TRABALHADOR EFICIENTE E TAXAS DE CRESCIMENTO NO <i>STEADY-STATE</i>	18
FIGURA 03 - A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL.....	24
FIGURA 04 - <i>STEADY-STATE</i> E TAXAS DE CRESCIMENTO NO GREEN SOLOW MODEL.....	26
FIGURA 05 - A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL NO GREEN SOLOW MODEL.....	26
FIGURA 06 - A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL DE LONGO PRAZO.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 O MODELO NEOCLÁSSICO DO CRESCIMENTO: O MODELO DE SOLOW	11
2.1 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO COBB-DOUGLAS.....	11
2.2 PROGRESSO TECNOLÓGICO EXÓGENO POUPADOR DE MÃO-DE- OBRA.....	13
2.3 A DINÂMICA DO MODELO DE SOLOW: <i>STEADY-STATE GROWTH</i>	14
2.4 VERSÃO ALTERNATIVA: TEORIA NEOCLÁSSICA DO CRESCIMENTO ENDÓGENO.....	18
3 O <i>GREEN SOLOW MODEL</i>	21
3.1 TECNOLOGIA EM ABATIMENTO DE POLUIÇÃO.....	21
3.2 CRESCIMENTO SUSTENTÁVEL NO <i>STEADY-STATE</i>	22
3.3 <i>GREEN SOLOW MODEL</i> E A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL.....	24
3.4 <i>GSM</i> COM TAXA LOGÍSTICA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	27
4 A REVISÃO DOS MODELOS: ENFOQUE NO CAPITAL NATURAL E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS	29
4.1 UMA VISÃO MAIS A FUNDO SOBRE A CKA DE LONGO PRAZO.....	29
4.2 RECURSOS NATURAIS ENQUANTO CAPITAL PRODUTIVO.....	33
4.3 NOÇÕES DE SUSTENTABILIDADE.....	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS: UMA CRONOLOGIA AINDA POR TERMINAR	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1950, quando da divulgação do Modelo de Solow do crescimento econômico, o capital natural ainda era tratado como uma externalidade, ou seja, não considerado como atuante na determinação dos níveis de produto/renda da economia e nem por eles influenciado. Tal modelo, de cunho neoclássico, tratava o crescimento como uma função de produção que apresentava como *inputs* apenas o capital físico e o trabalho, este vinculado a uma constante de progresso tecnológico.

No entanto, pela percepção da influência mútua entre as atividades produtivas humanas e a condição dos ecossistemas globais (binômio economia-ecologia), os recursos naturais têm sido progressivamente incluídos em modelagens econômicas. Em especial após a década de 1970 a percepção de que os recursos naturais são finitos e em grande parte não renováveis se difundiu pelo globo, apresentando-se como um risco de que o ritmo intenso de crescimento econômico alcançado pelo sistema pudesse comprometer sua própria reprodução.

Acompanhando tal tendência, William Brock e Scott Taylor adaptaram o Modelo de Solow no que ficou conhecido como *Green Solow Model* (GSM). Em seu artigo “*The Green Solow Model*”, de 2004, os autores estabelecem uma relação matemática entre os níveis de crescimento do produto nacional e os níveis de deterioração da qualidade do meio ambiente, retratados por uma Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Em outras palavras, buscaram internalizar a questão ambiental por meio dos conceitos neoclássicos de equilíbrio e demonstrar matematicamente a possibilidade de o crescimento econômico sustentável ser alcançado ao longo do tempo. Pesquisas posteriores sobre a CKA, como “A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global”, de Terciane Carvalho e Eduardo Almeida (2008), ou vinculadas à Economia Ecológica – vertente que alia a dinâmica econômica à princípios físicos que regem a biosfera – incitam, no entanto, que a internalização das propriedades do capital natural, assim como a importância dos incentivos gerados pela intervenção governamental no alcance do crescimento sustentável, não foram devidamente abrangidas pelo GSM.

Este trabalho tem por foco apresentar alguns aspectos da evolução teórica a que o Modelo de Solow foi submetido em sua versão estendida. Objetiva-se, ainda, cobrir uma possível lacuna da literatura ao argumentar que o equilíbrio encontrado

pelo *GSM* é potencialmente incapaz de alcançar uma análise que concilie de forma suficiente as dinâmicas do crescimento econômico e do meio ambiente devido à internalização incompleta do capital natural e em menor escala da ausência de políticas públicas no modelo.

O trabalho será estruturado como se segue: além desta seção introdutória, nas seções 2 e 3 serão configuradas as versões básica e expandida do Modelo de Solow, respectivamente; na seção 4 serão incluídas e contrastadas as óticas da Economia Ecológica e da CKA de longo prazo com o apresentado até então. Por fim, serão apresentadas as considerações finais, seguidas das referências bibliográficas.

2 O MODELO NEOCLÁSSICO DO CRESCIMENTO: O MODELO DE SOLOW¹

O Modelo de Solow é regido por propriedades que o fazem ser atualmente empregado em estudos sobre o ritmo de convergência internacional entre níveis de produto, ou então em estudos sobre distribuição de renda, que não foram o intuito original de seu formulador. Solow desenvolveu seu estudo como uma abordagem restrita à dinâmica de crescimento dos Estados Unidos da América, e é nesta direção que o presente trabalho está embasado e pretende fluir. Para fins elucidativos, o caminho percorrido por Solow para chegar a seu modelo do crescimento será demonstrado inicialmente em uma versão reduzida e simplista, a qual será progressivamente aprimorada ao longo do texto.

2.1 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO COBB-DOUGLAS

Imerso na teoria neoclássica, na década de 1950, Solow (1956) parte da concepção habitual de que a produção de uma economia depende positivamente dos estoques de capital físico e trabalhadores empregados em seu esforço produtivo. Desta forma, o macro-agregado de produto/renda (Y) da nação, em uma economia de um único bem produzido, será tanto maior quanto mais capital físico (K) e trabalhadores (L) forem empregados. Assim, foi estabelecida uma função de produção implícita da seguinte maneira:

$$Y = f(K ; L) \quad (1)$$

A equação acima pode ser expressa sob a configuração de uma função Cobb-Douglas que estabeleça elasticidades de participação para cada insumo considerado, de sorte que a soma de suas participações relativas resulte na unidade ($\alpha+1-\alpha = 100\%$):

$$Y = K^\alpha \cdot L^{1-\alpha} \quad (2)$$

1 Desenvolvido no ano de 1956 de forma independente por Robert Solow nos Estados Unidos da América, com o artigo *A contribution to the Theory of Economic Growth*, e por Trevor Swan, na Austrália, o modelo é também conhecido por Modelo de Solow-Swan.

A formalização obtida em (2) é regida por duas importantes propriedades matemáticas. Ela obedece ao princípio dos retornos constantes de escala (RCE) e dos rendimentos decrescentes dos fatores de produção (RDF) quando considerados isoladamente. O que isso quer dizer? Pela primeira propriedade tem-se que ao aumentar a quantia de todos os *inputs* na mesma proporção, a produção total resultante também será da mesma forma modificada. Matematicamente, tem-se que $F(\Theta K; \Theta L) = \Theta F(K; L)$. A segunda propriedade apresenta-se como consequência. Se, ao invés de ambos os fatores terem seus estoques aumentados, isto ocorra apenas para um deles, sua produtividade marginal será positiva, porém decrescente, ou seja, a resultante será elevada em proporções cada vez menores relativamente ao aumento da participação do insumo. Considerada a força de trabalho como abundante, o único insumo produtivo que atua como um fator restritivo é o investimento em capital físico. Como explicou Easterly (2004, p. 69), os

[...] rendimentos decrescentes têm uma lógica simples e irrefutável: não é possível aumentar indefinidamente a produção aumentando indefinidamente um ingrediente da produção em face de outro. Quando você aumenta o número de máquinas em relação aos trabalhadores, o rendimento de cada máquina adicional tornar-se-á cada vez mais baixo.

Pelas chamadas Condições de Inada, assim nomeadas em homenagem à seu formulador, Ken-Ichi Inada², são estabelecidos os limites superior e inferior da produtividade marginal do capital de acordo com seus estoques efetivos:

$$\lim_{K \rightarrow \infty} f(K) = 0$$

$$\lim_{K \rightarrow 0} f(K) = \infty$$

(3)

Em uma economia com estoque de capital físico baixo, a produtividade marginal de tal insumo produtivo será elevada, ao passo que quanto maior for esse estoque, ou seja, quanto mais abundantes forem as máquinas em relação à mão-de-obra, menor será a produtividade marginal do capital.

² INADA, Ken-Ichi. On a two-sector model of economic growth: comments and a generalization. *The review of economic studies*, vol. 30, p. 119-127, 1963.

2.2 PROGRESSO TECNOLÓGICO EXÓGENO POUPADOR DE MÃO-DE-OBRA

Devido aos rendimentos decrescentes do capital constatados em seu modelo do crescimento, Solow (1956-7) refutou o fundamentalismo do capital e mostrou que o investimento não pode ser, no longo prazo, o principal determinante do crescimento econômico. Como, então, o crescimento poderia ser sustentado ao longo do tempo? Pela lógica dos RCE, o que se deveria alcançar é o aumento conjunto da utilização do capital e do trabalho.

Para tanto, a solução encontrada pelo economista foi a inclusão de uma variável de progresso técnico exógeno na dinâmica econômica, condicionando os trabalhadores a aumentos de produtividade laboral devido à adaptação às melhores técnicas e tecnologias produtivas. Desta forma, a mesma quantia de trabalhadores é capaz de, dado o estoque de capital físico, fazer com que seus esforços produtivos resultem em maior produção. O que ocorre é o seguinte:

[...] a mudança tecnológica evitará os rendimentos decrescentes se economizar no ingrediente do qual temos suprimento fixo: a mão-de-obra. Cada trabalhador vai se tornando cada vez mais eficiente graças a uma tecnologia melhor, de modo que parece haver mais trabalhadores. O número efetivo de trabalhadores se harmoniza com o número crescente de máquinas, de modo que nunca se instalam os rendimentos decrescentes. No longo prazo, todo o crescimento de produção por trabalhador tem de ser uma mudança tecnológica que economize mão-de-obra. (EASTERLY, 2004, p. 74)

O que se nota é, portanto, maior eficiência produtiva, capaz de equilibrar os aumentos quantitativos do capital com os aumentos qualitativos do trabalho, contrabalanceando os rendimentos decrescentes decorrentes do aumento generalizado de um *input* isolado.

A conclusão a que Solow (1957) chega é que o principal determinante do crescimento econômico, capaz de sustentá-lo no longo prazo, é o progresso tecnológico poupador de mão-de-obra, chegando a estimar que tal fator foi responsável por 7/8 do crescimento por operário nos Estados Unidos durante a primeira metade do século XX. Condicionando a variável L de trabalho pela adição de uma variável do progresso técnico – T – nas equações (1) e (2), tem-se suas novas versões a seguir:

$$Y = f(K ; TL) \quad (4)$$

$$Y = (K)^\alpha \cdot (TL)^{1-\alpha} \quad (5)$$

Nas equações expostas, Y é o produto agregado da economia; K é o estoque total de capital produtivo; T é uma constante representativa do estado da tecnologia no momento estudado, ou seja, do progresso tecnológico e L é o número de trabalhadores da economia (o composto TL , portanto, pode ser intitulado trabalho efetivo).

2.3 A DINÂMICA DO MODELO DE SOLOW: *STEADY-STATE GROWTH*

Neste primeiro momento será explicada a dinâmica de cada variável isoladamente. Interessado em determinar o nível de renda por trabalhador efetivo, Solow dividiu todos os termos das equações (4) e (5) por TL , resultando em uma nova formulação implícita em níveis intensivos – variáveis por trabalhador intensivo, representadas por letras minúsculas, como se vê abaixo:

$$y = f(k) \quad (6)^3$$

A função acima expressa a concepção neoclássica de que são a acumulação de capital e o progresso tecnológico os principais determinantes do crescimento, sendo o uso do capital natural ignorado na geração do produto nacional. A tecnologia, como já comentado na subseção anterior, é uma constante exógena, ou seja, não é determinada pela dinâmica econômica. A taxa de evolução de produtividade será expressa por gT^4 e está condicionada ao pressuposto básico da tecnologia enquanto um bem-livre, de acesso espontâneo e imediato a todos os agentes econômicos.

Solow elabora seu modelo com base em uma economia de crescimento populacional constante e exógeno de ordem gL . Essa taxa é atingida supondo-se que “a taxa de participação (ou seja, o percentual da população que faz parte da

3 Ao se dividir TL por TL obtém-se a unidade. Portanto, pode-se simplificar a função agregada de produção como uma função positivamente relacionada ao capital por trabalhador efetivo.

4 Taxas de crescimento serão apresentadas sempre pelo parâmetro g (do inglês, *growth*) seguido da variável que se quer retratar.

força de trabalho) e a taxa de desemprego são constantes ao longo do tempo; então a taxa de crescimento da força de trabalho é igual à taxa de crescimento da população.” (OREIRO, 2010, p. 10). O capital físico, por sua vez, é elevado pelas taxas de poupança e investimento da economia, descontada a parcela da depreciação. Defina-se δ a taxa de depreciação do estoque de capital e s a taxa de poupança ou propensão marginal a poupar da economia, pode-se expressar a equação de acumulação de capital do Modelo de Solow como se segue:

$$\Delta K = s.Y - \delta.K \quad (7)$$

Por fim, para chegar à equação fundamental de crescimento equilibrado de Solow, precisa-se expressar a equação (7) também em sua forma intensiva, onde a variável I corresponde a investimento:

$$\Delta k = [s.f(k)] - [k(\delta + gL + gT)] \quad (8.1)$$

$$\Delta k = [I \text{ realizado}] - [I \text{ requerido}] \quad (8.2)$$

O conjunto de equações (8)

[...] nos diz que a dinâmica do estoque de capital por unidade de trabalho eficiente depende da diferença entre o *investimento realizado* por unidade de trabalho eficiente e o *investimento requerido* para manter o estoque de capital por unidade de trabalho eficiente constante.” (OREIRO, 2010, p. 10, itálicos originais do autor).

Quando o primeiro termo da subtração é maior que o segundo há acumulação de capital por trabalhador eficiente, pois o investimento nessa economia foi capaz de: (i) compensar as perdas de capital devido à depreciação, (ii) equipar a força de trabalho adicional devido ao crescimento populacional e, (iii) compensar o efeito de aumento de produtividade do trabalho devido ao progresso técnico. Inversamente, se o investimento requerido para tanto for superior ao efetivamente alcançado pela economia, o estoque de capital por trabalhador eficiente será reduzido. Tal dinâmica leva a economia de encontro a um ponto em que produto e capital intensivos não variam ao longo do tempo.

O fato crucial do modelo é que após atingido tal equilíbrio de longo prazo,

embora os níveis intensivos de produto e capital não sofram alterações, seus níveis absolutos – e até mesmo *per capita* – serão constantemente elevados devido ao aumento de produtividade e crescimento populacional, alcançando, por isso, o chamado *Steady-State Growth* ou Estado de Crescimento Equilibrado. O Quadro 01 demonstra as taxas de crescimento das variáveis produto e capital em suas diferentes formas no *Steady-State*.

O funcionamento do quadro pode ser claramente explicado pelas palavras de Oreiro (2010, p. 13):

No equilíbrio de longo-prazo, sabemos que k e y são constantes ao longo do tempo. Isso, no entanto, não significa que o estoque de capital e o nível de produto permanecem constantes ao longo do tempo. Com efeito, o estoque de capital da economia estará crescendo a uma taxa $\eta + g$. Isso porque k constante implica que K tem que crescer à mesma taxa que AL . Por outro lado, y constante implica que Y tem que crescer à mesma taxa que AL , de tal forma que o produto também crescerá a uma taxa de $\eta + g$ ⁵.

Variável		Taxa de crescimento
$\frac{Y}{TL}$	& $\frac{K}{TL}$	0
$\frac{Y}{L}$	& $\frac{K}{L}$	gT
Y	& K	$gT + gL$

QUADRO 01. TAXAS DE CRESCIMENTO DO PRODUTO/RENDA E CAPITAL NO PATAMAR DO *STEADY-STATE*
 FONTE: O AUTOR

Sendo assim, a última linha do Quadro 01 apresenta uma importante conclusão: a de que, no equilíbrio de longo prazo da economia, “*the rate of growth of output is determined by the rates at which the productivity and availability of labour expand, both of which are taken as given.*”⁶ (SETTERFIELD, 2009, p. 4). A seguir, uma síntese por Ferrara e Guerrini (2009, p. 17) das bases em que o Modelo de Solow se assenta assim como dos resultados que atinge:

The key concept of this model [...] is the neoclassical form of production function with declining returns to capital combined with a fixed saving rate. On the basis of these assumptions, an economy, regardless of its starting point, converges to a balanced growth path, where long-run growth of output

5 Na nomenclatura usada neste trabalho, η , g e AL correspondem, respectivamente, à gL , gT e TL .

6 Tradução: “a taxa de crescimento do produto é determinada pelas taxas à que a produtividade e a disponibilidade de trabalho são expandidas, ambas tidas como dadas.”.

point, converges to a balanced growth path, where long-run growth of output and capital are determined solely by the rate of labor-augmenting technological progress and the rate of population growth.⁷

O Modelo de Solow pode ser demonstrado graficamente tanto em termos absolutos quanto em termos de taxas de crescimento, complementares um ao outro em termos de compreensão, embora a dinâmica voltada às taxas de crescimento possua maior poder elucidativo. Tais representações do *Steady-State* da economia podem ser vislumbradas, respectivamente, nas Figuras 01 e 02⁸.

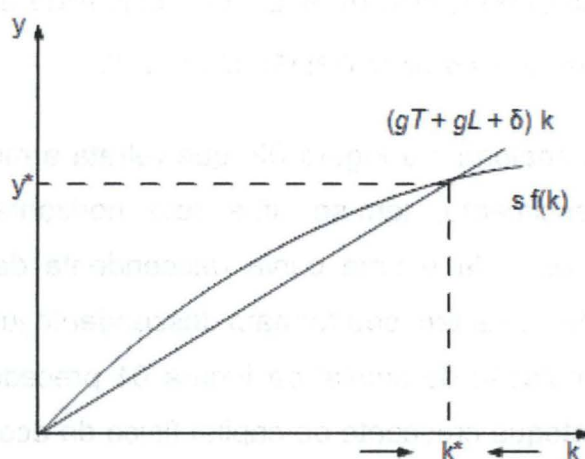


FIGURA 01. NÍVEIS DE CAPITAL E PRODUTO POR TRABALHADOR EFICIENTE NO *STEADY-STATE*

FONTE: Adaptado pelo autor a partir de SOLOW (1956, p. 70)

Pela observação da Figura 01 pode-se constatar que quando a curva está acima da reta, ou seja, o investimento efetivo da economia é superior à seu investimento requerido, haverá acumulação de capital. Isto continuará até o ponto de intersecção entre tais valores, em que será alcançado o Estado Estacionário da economia, com seus níveis intensivos de capital e produto de equilíbrio – k^* e y^* – respectivamente nos eixos horizontal e vertical.

7 Tradução: “O ponto chave deste modelo é a forma neoclássica da função de produção com retornos decrescentes do capital combinados com uma taxa fixa de poupança. Tendo como base esses pressupostos, uma economia, independentemente de seu ponto inicial, converge para um patamar de crescimento equilibrado, em que o crescimento do produto e do capital no longo prazo são determinados unicamente pela taxa de progresso técnico poupador de mão de obra e pela taxa de crescimento populacional.”

8 O patamar do equilíbrio pode ser modificado por mudanças nos parâmetros do modelo, tais como a taxa de poupança, s , o progresso técnico, gT , a taxa de crescimento demográfico, gL , e a taxa de depreciação, δ . No entanto, por não ser este o escopo deste trabalho, me concentrarei apenas na explicação da dinâmica de alcance do patamar de crescimento equilibrado do modelo.

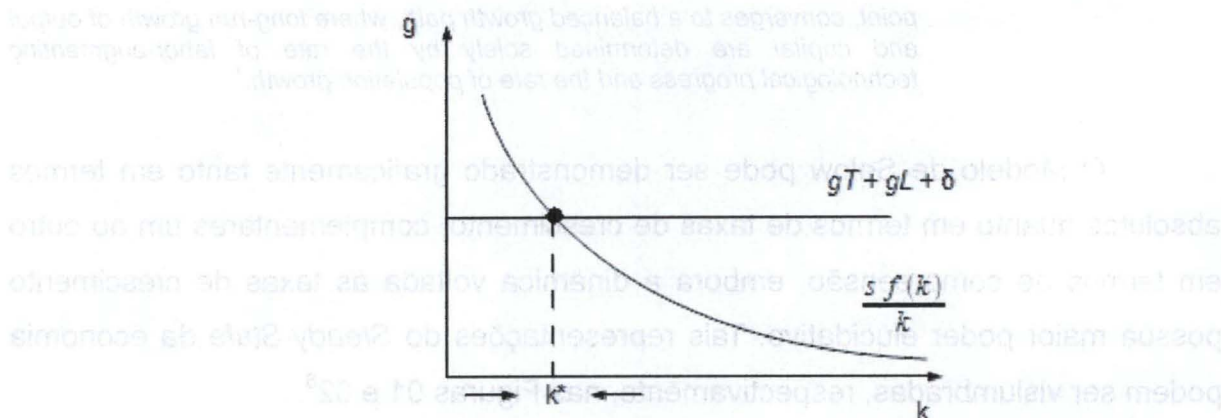


FIGURA 02: NÍVEL DE CAPITAL POR TRABALHADOR EFICIENTE E TAXAS DE CRESCIMENTO NO STEADY-STATE

FONTE: Adaptado pelo autor a partir de OREIRO (2010, p. 12)

De forma análoga, na Figura 02, que retrata a mesma dinâmica em termos de taxas de crescimento, tem-se uma reta horizontal (dada pela soma das constantes $gT + gL + \delta$) e uma curva descendente da taxa de crescimento do produto e do capital. Esta tem seu formato descendente justificado pela derivação da dinâmica de acumulação de capital da Figura 01 precedente, de sorte que quanto mais próximo o estoque crescente de capital físico da economia estiver de seu nível de longo prazo, k^* , menor será seu ritmo posterior de acumulação. Em contrapartida, se o estoque atual for superior ao de equilíbrio, o investimento requerido será superior ao realizado – as taxas de depreciação, crescimento populacional e de progresso técnico conjuntamente suplantarão a poupança e o investimento – e a taxa de crescimento de capital será negativa: o capital físico por trabalhador eficiente estará diminuindo. Seja o estoque de capital inicial superior ou inferior ao nível ideal dado pelo modelo, a economia será mais cedo ou mais tarde conduzida a seu Estado Estacionário de Crescimento Equilibrado, em que consumo, produto/renda, e o estoque de capital nacionais crescerão à taxa $gT + gL$.

2.4 VERSÃO ALTERNATIVA: TEORIA NEOCLÁSSICA DO CRESCIMENTO ENDÓGENO

Esta subseção tem por objetivo explicar sucintamente as diferenças que uma teoria do crescimento com progresso técnico endógeno traria para a discussão.

São elas basicamente as dinâmicas conjuntas da educação e capital humano e da inovação tecnológica.

Nas palavras de Chacel (1993, p. 25) se

[...] ao invés de um surto de expansão se pretende chegar a uma tendência de crescimento há, então, a necessidade de uma teoria de longo período capaz de fundamentar ações sistematizadas numa política [que sublinhe] no processo do crescimento econômico, a educação e o conhecimento como fatores subjacentes do progresso tecnológico.

A dinâmica econômica do capital humano e da inovação produtiva são, portanto, tidas como complementares. A educação passa a ser tomada como um elemento crucial, base do ciclo de inovação e aprimoração das estruturas desenvolvimentistas por meio da tecnologia da informação e economia do conhecimento: “a qualidade das gentes (capital humano), é seu pré-requisito e a inovação tecnológica seu resultado.” (CHACEL, 1993, p. 28).

Dessa forma, pode-se diferenciar o Modelo de Solow pela inclusão de uma taxa de progresso técnico positivamente relacionada à variáveis institucionais e empresariais, tais como incentivos governamentais à inovação (entre eles a própria educação, treinamentos e demais estratégias de melhoria do capital humano da economia) ou gastos nos setores de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas, respectivamente. Em termos matemáticos, seria necessário incluir uma variável de função de progresso técnico na taxa de crescimento do produto potencial (última linha do Quadro 01), como abaixo:

$$gT = f(X) \quad (9.1)$$

$$gY = gT(X) + gL \quad (9.2)$$

De acordo com a equação 9.2

[...] the rate of growth is endogenous in the sense that, given the rate of growth of the labour force, it is driven by technological change that: (a) is explicitly described by the technological progress function [equação 9.1] and (b) occurs at a rate that is amenable to change in response to variation (by private decision makers and/or policy makers) in the vector X.” (ROBERTS e SETTERFIELD (2007), apud SETTERFIELD (2009, p. 5)).⁹

9 Tradução: “[...] a taxa de crescimento é endógena no sentido de que, dada a taxa de crescimento da força de trabalho, ela é conduzida pela mudança tecnológica que: (a) é explicitamente descrita pela função de progresso tecnológico [equação 9.1] e (b) ocorre a uma taxa que é passível de

O que se percebe é a endogeneização da dinâmica do progresso tecnológico no crescimento econômico pelo vetor X de variáveis relativas à incentivos institucionais e empresariais à inovação. Como escreve Meier (2001, p. 19-20), ao invés de funcionar como o Modelo de Solow

*[...] of diminishing marginal returns to physical capital and to labor separately and constant returns to both inputs jointly, with technological progress as residual, the new growth theory examines production functions that show increasing returns because of an expanding stock of human capital and as a result of specialization and investment in 'knowledge' capital. Technological progress and human capital formation are endogenized within the general equilibrium models of growth.*¹⁰

A constatação de rendimentos marginais crescentes confere um importante papel para as externalidades em rede (em especial para os vazamentos de informação e alianças de capacidade) como uma das modalidades determinantes da aplicação de incentivos econômicos na sociedade e no ritmo consequente de aprimoração técnica, já que o “conhecimento tecnológico costuma *vazar* de uma pessoa para outra [e a] tecnologia atinge seu potencial quando indivíduos altamente qualificados formam *alianças*.” (EASTERLY, 2004, p. 189). Nota-se ainda um papel mais relevante para a intervenção estatal na economia por estarem as políticas governamentais também incluídas no vetor X e nas externalidades em rede de incentivos econômicos ao progresso técnico. Nas palavras de Meier (2001, p. 29), “*Government social capital' can incorporate the benefits of law, order, property rights, education, health, and 'good government'.*”¹¹

O resultado é um maior leque de possibilidades para as taxas de crescimento do produto e renda, considerada agora apenas a taxa de crescimento populacional como uma constante exógena. A dinâmica da inovação técnica fica, então, relegada à lógica econômica, sendo estabelecida internamente ao sistema e codependente à ele¹².

mudanças em resposta à variação (por decisões privadas ou governamentais) no vetor X.”.

10 Tradução: “[...] de retornos marginais decrescentes para o capital físico e para o trabalho separadamente e retornos constantes para ambos os insumos conjuntamente, com o progresso técnico como resíduo, a nova teoria do crescimento examina funções de produção que apresentam retornos crescentes devido à expansão do estoque de capital humano e como resultado da especialização e investimento em capital de 'conhecimento'. Progresso técnico e formação de capital humano são endogeneizados nos modelos de equilíbrio geral de crescimento.”.

11 Tradução: “‘Capital social governamental’ pode incorporar os benefícios da lei, ordem, direitos de propriedade, educação, saúde e ‘boa governança’.”.

12 Para os leitores interessados em se aprofundar na dinâmica da tecnologia e inovação endógena,

3 O GREEN SOLOW MODEL

Solow foi capaz de alcançar um patamar para o crescimento equilibrado da economia baseando-se na utilização conjunta de níveis de capital e trabalho. Porém, o que acontece com o meio ambiente? Por meio da noção de que atividades produtivas geram poluição e degradação ambiental como consequências conjuntas à produção nacional, Brock e Taylor (2004) expandiram o Modelo de Solow de modo a tentar conciliar ao *Steady-State* também a melhoria na qualidade do meio ambiente. Eles denominaram seu modelo *Green Solow Model (GSM)*.

3.1 TECNOLOGIA EM ABATIMENTO DE POLUIÇÃO

Como um passo inicial, foi assumido que cada unidade de produção econômica, F , libera unidades conjuntas de poluição, Ω , enquanto uma externalidade negativa, mas que, se houvesse esforços do setor privado¹³ em restringir o dano ambiental, a quantia de poluição liberada na atmosfera poderia diferir da quantia originalmente produzida. Ainda, definindo como Θ a proporção da atividade econômica dedicada ao “abatimento” da poluição, tem-se que a poluição emitida, E , é representada pela seguinte função como a diferença entre a poluição criada e a poluição abatida:

$$E = \Omega f(\Theta) \quad (10)$$

Um importante aspecto levado em conta pelos autores é que o abatimento da poluição, enquanto atividade econômica, utiliza os fatores produtivos capital e trabalho na mesma proporção em que seriam utilizados para a obtenção do produto final. Sendo assim, “we note that once we take abatement into account, output available for consumption or investment Y , then becomes $Y = [1 - \Theta]F$.”¹⁴ (BROCK e TAYLOR, 2004, p. 11).

ler a respeito da teoria do crescimento econômico de Joseph Schumpeter.

13 Tendo por foco a dinâmica privada da economia, esforços governamentais tais como mudanças regulatórias que pudessem beneficiar o meio ambiente foram desconsiderados.

14 Tradução: “notamos que, uma vez levado em conta o abatimento de poluição, o produto disponível para consumo ou investimento Y torna-se $Y = [1 - \Theta]F$.”

Com o objetivo de alcançar um patamar de crescimento econômico em que a qualidade ambiental seja aprimorada, dentro de um modelo aliado à dinâmica neoclássica formulada inicialmente por Solow, de progresso técnico exógeno na produção de bens, os autores partiram do pressuposto da existência de um progresso técnico exógeno também no abatimento, gA , que seria capaz de diminuir Ω a uma taxa constante.

3.2 CRESCIMENTO SUSTENTÁVEL NO *STEADY-STATE*

Tendo como pressuposto que Θ apresenta um valor fixo ao longo do tempo¹⁵ a economia será dinamicamente conduzida, assim como no modelo de Solow, a um patamar único de capital intensivo. No *GSM*, assim como no modelo original, renda e capital em suas magnitudes *per capita* crescem à taxa gT e em suas magnitudes absolutas à taxa $gT + gL$. Pela união destas taxas de crescimento com o demonstrado em (10), tem-se que as emissões de poluentes da economia podem ser modificadas positiva ou negativamente, da seguinte forma:

$$gE = (gT + gL) - gA \quad (11)$$

A equação (11) mostra em seu primeiro termo, entre parênteses, que a poluição será aumentada na mesma escala do produto da economia, sendo compensada em maior ou menor escala pelo segundo termo representativo do progresso técnico em abatimento.

Nas palavras dos próprios formuladores do modelo, crescimento sustentável se define por:

*[...] a balanced growth path generating rising consumption per capita and an improving environment. [...] Technological progress in goods production is necessary to generate per capita income growth. Technological progress in abatement must exceed growth in aggregate output in order for pollution to fall and the environment to improve.*¹⁶ (BROCK e TAYLOR, 2004, p. 12)

15 Os autores chegam a essa conclusão ao observar que no período decorrido entre 1975 e 1994 os gastos com abatimento de poluição enquanto proporção do PIB dos EUA permaneceram relativamente constantes.

16 Tradução: “[...] um patamar de crescimento balanceado que gere aumento do consumo *per capita* e melhorias no meio ambiente. [...] Progresso tecnológico na produção de bens é necessário para gerar crescimento da renda *per capita*. O progresso tecnológico em abatimento deve exceder o

Sendo assim, matematicamente há duas inequações que devem ser atingidas a favor do alcance do crescimento sustentável da economia:

$$gT > 0$$

$$(12)$$

$$gA > gY$$

A primeira conclusão de (12) é garantida pela dinâmica do progresso técnico exógeno e positivo do Modelo de Solow original. Por sua vez, a segunda conclusão é adicionada ao modelo como um importante complemento por parte do *GSM*: para alcançar o crescimento econômico sustentável, em equilíbrio neoclássico com a melhoria da qualidade do meio ambiente no que diz respeito à diminuição da emissão de poluentes pela atividade produtiva, é necessário que a taxa de crescimento técnico em abatimento de poluição supere a taxa de crescimento do produto nacional.

Representando o discutido até então em um sistema equilibrado de equações que retratam as variáveis em seus níveis intensivos, o *GSM* pode ser assim formalizado:

$$y = f(k).(1 - \theta) \quad (13)$$

$$\Delta k = s.f(k).(1 - \theta) - k(\delta + gT + gL) \quad (14)$$

$$e = f(k).\Omega(\theta) \quad (15)$$

Enquanto as equações (13) e (14) diferem das equações (6) e (8.1) apenas pela inclusão do coeficiente $(1 - \theta)$ à que a produção de bens está agora condicionada, a equação (15) é inteiramente acrescentada pela dinâmica do *GSM*, e é em função dela que será obtida uma importante conclusão do modelo expandido: a obtenção de uma Curva de Kuznets Ambiental – portanto, CKA – para a dinâmica entre crescimento econômico e pressão no meio ambiente.

3.3 GREEN SOLOW MODEL E A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

Simon Kuznets, ao estimar a relação entre crescimento de renda *per capita* e desigualdade de renda encontrou a forma de “U invertido” para a conexão entre tais variáveis. Em outras palavras, a distribuição de renda inicialmente pioraria com o crescimento econômico para, a partir de certo ponto, melhorar. Na década de 1990 foram encontradas relações semelhantes no que diz respeito ao crescimento econômico e a poluição: o aumento do produto *per capita* traria inicialmente maior pressão sobre o meio ambiente, ao passo que, após atingido um patamar específico de renda, tal pressão seria reduzida e a qualidade ambiental aumentada – dinâmica observável na Figura 03. Desta forma, passou-se a “ver no desenvolvimento, entendido aqui como crescimento econômico, uma saída para os problemas ambientais no momento em que foram identificadas sinergias entre o crescimento e melhorias ambientais.” (ALMEIDA e CARVALHO, 2008, p. 3).

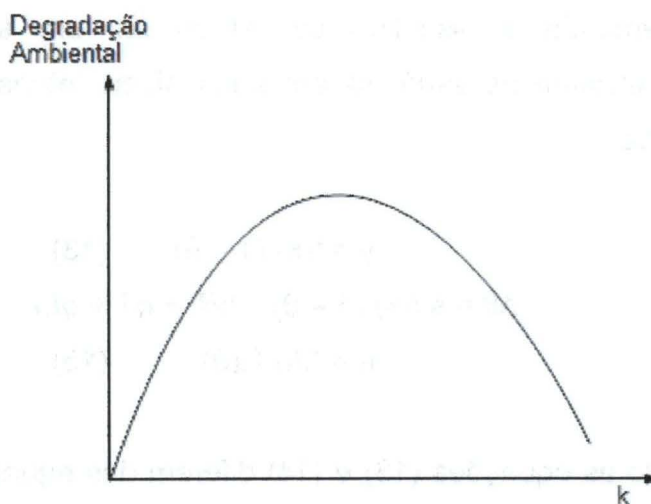


FIGURA 03: A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

FONTE: Adaptado pelo autor a partir de ALMEIDA e CARVALHO (2008, p. 5)

Pelas propriedades básicas do Modelo de Solow de convergência para o patamar de equilíbrio de longo prazo, k^* , uma economia que esteja com um estoque de capital inicial inferior a tal nível crescerá a taxas positivas mas decrescentes à medida que se aproxima de seu Estado Estacionário. Conseqüentemente, agora inclusas as dinâmicas de poluição e seu abatimento, as emissões de poluentes, de início, crescerão rapidamente, tendo sua intensidade diminuída ao longo do tempo.

Como escrevem Brock e Taylor (2004, p. 14), “*during transition phase and beyond, emissions per unit output are falling at the constant rate g_A because of technological progress in abatement. This works to drive emissions downward.*”¹⁷. Em outras palavras, o rápido crescimento inicial da produção irá aumentar a pressão ambiental decorrente. Esta, no entanto, será progressivamente suplantada pelo progresso técnico em abatimento. O resultado é uma configuração em forma de “U invertido” para a degradação sofrida pelo meio ambiente. Como as emissões acompanham as unidades produzidas, pode-se tomar como pressuposto que a taxa de variação de emissões, gE , acompanha as propriedades da taxa de acumulação de capital, gK , sendo rápida para valores baixos de capital físico e diminuindo de intensidade à medida que se aproxima do patamar de equilíbrio de longo prazo.

Transpassando graficamente o exposto até aqui, tem-se o GSM em sua dinâmica de alcance do *Steady-State* nas Figuras 04 e 05. Na primeira delas, estão plotadas as taxas de crescimento das emissões e do capital no eixo vertical contra o capital por trabalhador efetivo no horizontal, semelhante ao exposto na Figura 02. Por sua vez, a Figura 05 apresenta a plotagem da CKA obtida pelo GSM, ao tratar as emissões de poluentes como uma função da renda/produto da economia.

Pela análise conjunta entre as Figuras 04 e 05 tem-se que no Ponto de k^T a taxa de crescimento de emissões se torna nula, sendo positiva à esquerda de tal ponto e negativa à sua direita. Como se pode observar, é implícita a possibilidade de a economia alcançar um crescimento sustentável, já que tal ponto pode se situar à esquerda do já conhecido ponto de Estado Estacionário, k^{*18} . Em outras palavras, o Estado Estacionário da economia poderá ser encontrado após o ponto máximo da CKA, já em seu segmento decrescente de emissões – embora jamais as tornando inexistentes. Uma importante conclusão adicional que se obtém dessas figuras é a de que, embora o nível de emissões possa inicialmente se elevar, a taxa de crescimento das emissões é permanentemente decrescente (BLOCK e TAYLOR, 2004).

17 Tradução: “durante e além da fase de transição as emissões por unidade de produto estão caindo à taxa constante de g_A devido ao progresso técnico em abatimento. Isso faz as emissões serem reduzidas.”

18 No artigo de 2004 os autores trabalham com os seguintes parâmetros: $\alpha = 35\%$; $\theta = 5\%$; $g_L = 1\%$; $g_{Y/L} = 1,5\%$; $g_A = 3\%$. Seus resultados indicam um Estado Estacionário de crescimento sustentável em que há crescimento de renda, g_Y , de 2,5% e de emissões, g_E , negativo em 0,5% - taxas de crescimento com periodicidade anual.

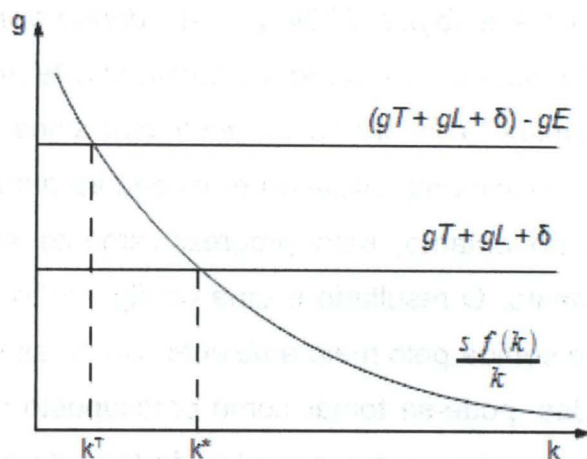


FIGURA 04: STEADY-STATE E TAXAS DE CRESCIMENTO NO GREEN SOLOW MODEL
 FONTE: Adaptado pelo autor a partir de BROCK e TAYLOR (2004, p. 18)

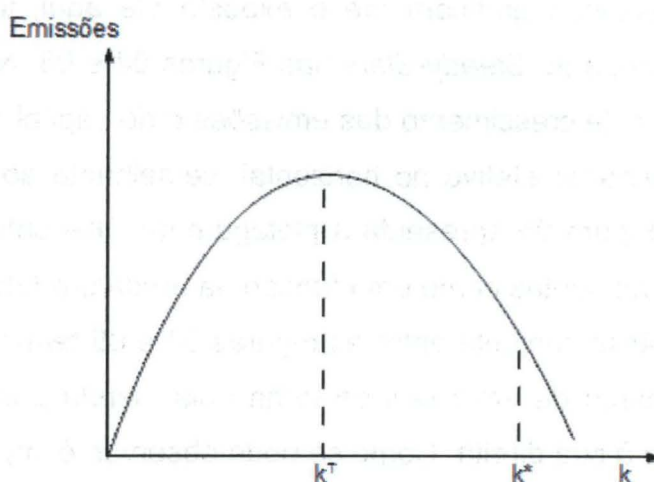


FIGURA 05: A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL NO GREEN SOLOW MODEL
 FONTE: Adaptado pelo autor a partir de BROCK e TAYLOR (2004, p. 18)

As principais conclusões encontradas pelo GSM, todas passíveis de observação gráfica pelas Figuras 04 e 05, são como se segue:

- i. Com crescimento sustentável e $k^T > k(0)$, então gE é primeiramente positiva mas se torna negativa com o tempo;
- ii. Se, no entanto, $k(0) > k^T$, gE será permanentemente negativa;
- iii. No caso do crescimento ser insustentável, em que o Estado Estacionário é alcançado antes do ponto k^T de anulação de emissões, embora gE decaia com o tempo, jamais passará a ser negativa;
- iv. Se $k^* > k^T > k(0)$, haverá uma CKA perfeita em forma de “U invertido” na relação entre crescimento econômico e degradação ambiental; e
- v. Se $k^* > k(0) > k^T$, a CKA terá coeficiente angular permanentemente

negativo para qualquer renda *per capita*.

3.4 GSM COM TAXA LOGÍSTICA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL

O GSM elaborado por Brock e Taylor tem como pressuposto básico uma taxa exógena, constante e exponencial de crescimento populacional ao longo do tempo, representada neste trabalho por gL . Entretanto, Ferrara e Guerrini (2009) expandem o modelo ao afirmar que *“this type of time behavior is unrealistic and, more importantly, unsustainable in the very long-run. A more realistic approach would be to consider a logistic law for the population growth rate.”*¹⁹.

Aplicar uma taxa exponencial para crescimento populacional levaria, no longo prazo, a uma população “arbitrariamente grande”, segundo os autores, sendo este método, portanto, insustentável para uma modelagem populacional que ambicione ser realista. Desta forma, Ferrara e Guerrini retratam o crescimento da população da seguinte maneira:

$$\Delta L = \alpha - \beta L(t) \quad (16)$$

Na equação acima ambos os parâmetros são positivos e a população inicial é assumida como sendo de um indivíduo. Nestas condições, a população nacional crescerá dentro do intervalo que se estende de $L(0) = 1$ à $L(\infty) = \alpha/\beta$.

Resolvendo o equilíbrio do GSM adaptado a esta nova dinâmica de crescimento populacional, mantidas todas as demais características inalteradas, as mesmas propriedades das taxas de acumulação de capital surtirão efeito na formação do produto. A acumulação de capital, conseqüentemente, será positiva para estoques de capital inferiores ao de equilíbrio e assim $k(t)$ tenderá a k^* – o caminho contrário sendo válido para estoques iniciais superiores ao de equilíbrio. As propriedades de convergência do modelo levarão, portanto, a uma solução única para o Estado Estacionário de longo prazo.

Dada a definição de que o Estado Estacionário é uma trajetória na qual todas as variáveis relevantes permanecem constantes ou crescem à uma taxa

¹⁹ Tradução: “esse tipo de comportamento temporal é irrealista e, mais importante, insustentável no longo prazo. Uma abordagem mais realista seria considerar uma função definida para o crescimento populacional.”.

constante e que o crescimento sustentável é atingido em um Estado Estacionário que garanta aumento de consumo *per capita* e melhorias no meio ambiente (FERRARA e GUERRINI, 2009), tem-se, no equilíbrio de longo prazo, o que se segue:

$$gy = gc = gk = 0 \quad (17.1)$$

$$gE = - (gA) \quad (17.2)$$

Pelo conjunto de equações (17) observa-se que no *Steady-State* as taxas de crescimento do produto, do consumo e do capital, respectivamente, todos em suas variantes intensivas, são nulas. Em contrapartida, como para atingir o crescimento sustentável é necessário que haja diminuição da intensidade de poluentes lançados pelos esforços produtivos da economia, a taxa de variação das emissões de poluentes é dada negativamente pela taxa de progresso técnico em abatimento. As consequências retiradas são que se o modelo for tratado sob uma variação logística de população, no *Steady-State* a renda variará acompanhando apenas a taxa do progresso técnico na produção de bens, desconsiderada a taxa exógena de crescimento demográfico.

Ao transferir tal conclusão para o alcance do crescimento sustentável, tem-se que, ao invés de gA ter de suplantar a soma de $gT + gL$, como no modelo de 2004, aqui é necessário o seguinte sistema de inequações:

$$gT > 0 \quad (18)$$

$$gA > gT$$

Em outras palavras, "*sustainable growth occurs if technological progress in abatement is faster than technological progress in production.*"²⁰ (FERRARA e GUERRINI, 2009).

A relação da Curva de Kuznets Ambiental é encontrada na mesma forma de "U invertido" que no *GSM* original, sendo, segundo os autores, o próprio termo de progresso técnico em abatimento o principal responsável por tal resultado.

20 Tradução: "crescimento sustentável ocorre se o progresso técnico em abatimento for mais rápido que o progresso técnico na produção."

4 A REVISÃO DOS MODELOS: ENFOQUE NO CAPITAL NATURAL E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS

A atual seção tem por foco argumentar a favor da incapacidade do *GSM* em estimar de forma adequada o alcance do crescimento sustentável da economia devido à inexistência de políticas governamentais e à falhas no processo de internalização do capital natural no modelo. Para tanto, a seção é subdividida em três partes. A primeira apresenta de forma um pouco mais detalhada algumas observações concernentes à CKA de longo prazo. As subseqüentes apresentam as principais propriedades do Capital Natural e os princípios regentes da Economia Ecológica em relação à sustentabilidade.

4.1 UMA VISÃO MAIS A FUNDO SOBRE A CKA DE LONGO PRAZO

A relação estimada entre o crescimento econômico e a degradação ambiental decorrente da atividade econômica é demonstrada pela CKA em sua forma de “U invertido”. Além da maior rigidez na regulação ambiental, que é desconsiderada pelo *GSM*, outras justificativas para o formato da curva podem ser assim elencadas, segundo Oliveira e Pôrto Júnior (2007) e Selden e Song (1994), estes citados por Almeida e Carvalho (2008):

- i. O progresso técnico-científico levaria à uma tendência crescente de adição de tecnologias menos intensivas em recursos naturais e menos poluentes, ou seja, haveria mudanças na composição da produção e do consumo que reduziriam o impacto ambiental; e
- ii. com o aumento da renda e da educação/conscientização ambiental as pessoas tendem a valorizar mais a qualidade do meio ambiente, ou seja, nota-se uma elasticidade-renda positiva para a qualidade ambiental.

O *tradeoff* entre crescimento econômico e deterioração ambiental pode ser decomposto em 3 fatores causais: o efeito escala, o efeito composição e o efeito técnico, que atuam conjuntamente, porém aquele em sentido oposto à esses (GROSSMAN e KRUEGER, 1991, *apud* ALMEIDA e CARVALHO, 2008). Por efeito escala se entende o aumento da pressão ambiental decorrente do aumento das unidades produzidas pela economia. O segundo efeito diz respeito à tendência de

alocação dos fatores de produção e dos setores econômicos para métodos menos intensivos em capital natural e poluição. Por fim, o efeito técnico retrata a noção de que o progresso científico pode compensar o nível maior de produção com técnicas mais limpas.

É pela soma na intensidade de tais fatores em conjunto com a dinâmica das taxas decrescentes de acumulação do capital que se compreende a CKA. Quando já próximo a seu Estado Estacionário, o país apresenta baixas taxas de crescimento econômico posterior, de sorte que os efeitos composição e técnico – que reduzem a degradação ambiental – podem superar o efeito escala. Por outro lado, quando ainda distante do equilíbrio de longo prazo e conseqüentemente com um ritmo mais acelerado de acumulação de capital e crescimento de produção, pode-se não conseguir o mesmo resultado. Ao contrário, neste caso o efeito escala potencialmente sobrepuja os demais, havendo deterioração da qualidade do meio ambiente, por meio do que pode ser conceituado como “efeito-rebote”. Nas palavras de Latouche (2006, p. 4) este é uma decorrência da dinâmica em que as “reduções de impactos e de poluição por unidade são sistematicamente aniquiladas pela multiplicação do número de unidades vendidas.”.

A lógica do efeito-rebote pode ser inclusa na própria interpretação direta da CKA encontrada pelo GSM. Como o modelo trata de variáveis em níveis intensivos e não absolutos, o ponto de máxima emissão de poluentes a que a CKA está vinculada não quer, necessariamente, dizer que a poluição em níveis absolutos passará a decair. O que se evidencia é que a poluição por unidades produzidas, a partir daquele patamar de renda por trabalhador eficiente, é reduzida, sem quaisquer indícios de que o mesmo ocorreria para a poluição agregada dada pela soma da produção nacional. Inclusive, pela dinâmica de convergência ao *Steady-State* e a posterior continuidade de acumulação de capital e intensidade de produção a que tal ponto está confinado, o produto nacional em termos absolutos tenderá a continuar crescendo, assim como a poluição disto resultante. Se as emissões em seus níveis absolutos serão, ou não, reduzidas, dependerá de qual dos determinantes do efeito-rebote sobrepujará o outro.

Analogamente, outra dificuldade enfrentada é a de que para iniciar uma trajetória descendente na CKA é primeiramente necessário que a economia tenha acumulado estoque suficiente de capital físico e tecnológico. Ou seja, a economia teria que esperar até atingir certo nível de capital físico para poder realizar a

substituição de suas técnicas produtivas por outras menos poluentes (OLIVEIRA e PÔRTO JÚNIOR, 2007).

A CKA, portanto, embora seja uma boa evolução teórica na literatura que tenta estudar a dinâmica do binômio economia-ecologia, ainda deixa lacunas para questionamentos sobre sua abrangência em dois aspectos cruciais: (1) seria a CKA uma evidência apenas local ou também global?, e (2) a relação inicialmente encontrada se mantém ao expandir o horizonte temporal? Segundo Oliveira e Pôrto Júnior (2007, p. 12), “tomando todos os países em conjunto, não haveriam, necessariamente, evidências de que a aceleração nas taxas de crescimento econômico, após certo patamar de desenvolvimento, implicaria em decréscimo da degradação ambiental”.

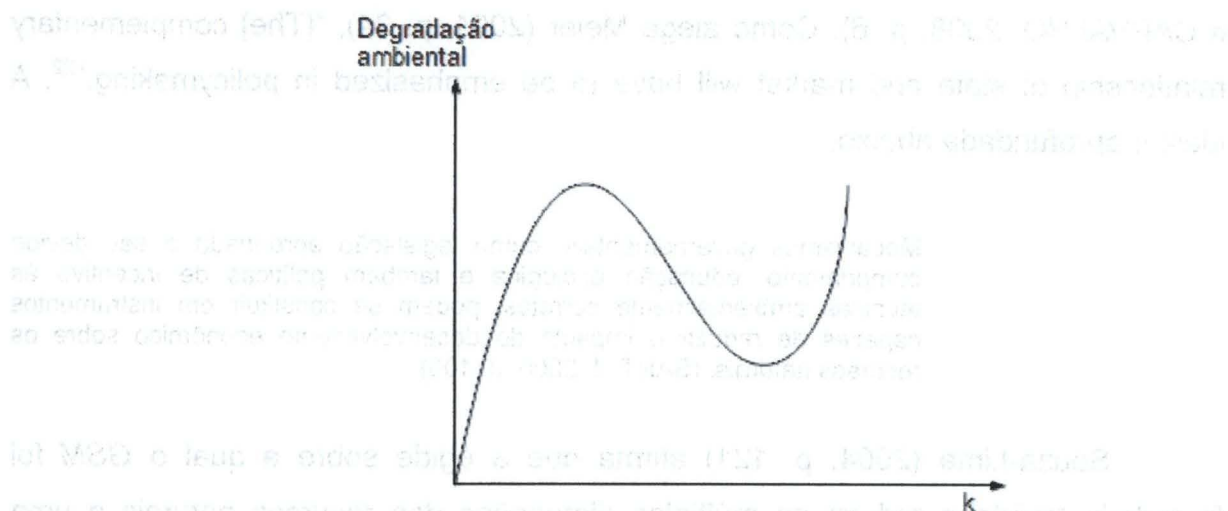


FIGURA 06: A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL DE LONGO PRAZO
 FONTE: Adaptado pelo autor a partir de ALMEIDA e CARVALHO (2008, p. 5)

No intuito de melhor entender a dinâmica da CKA, Almeida e Carvalho (2008) elaboraram um estudo econométrico-espacial na tentativa de estimar uma CKA global para uma amostra de 187 países em suas relações de renda e emissões de CO_2 ²¹ *per capita*. Eles expandiram o modelo da CKA com um termo cúbico para a renda e obtiveram para este um coeficiente positivo e significativo com 99% de probabilidade. Para os autores, tais resultados “sugerem que o efeito na diminuição das emissões quando a renda está crescendo é transitório, pois quando ocorrem aumentos adicionais na renda *per capita*, as emissões de CO_2 voltam a aumentar.”

²¹ Segundo os autores, a escolha pelo gás carbônico se deu por ser este o principal gás causador do “efeito estufa”.

(2008, p. 18). Em outras palavras, o formato de “U invertido” seria apenas uma fase inicial para a CKA, que sofreria outro ponto de inflexão em níveis mais elevados de renda, a partir do qual a trajetória de emissões se tornaria novamente ascendente. A configuração da CKA de longo prazo, portanto, pode ser representada na forma de um N, como na FIGURA 06.

O modelo proposto da CKA em N gera algumas evidências importantes, tais como a de o crescimento contínuo da produção não garantir a melhora permanente da qualidade ambiental, que seria apenas temporária. Em termos de planejamento público, a pesquisa citada é importante por potencialmente demonstrar que “crescimento econômico por si só não garante a cura para os problemas relacionados ao meio ambiente. As políticas ambientais apropriadas têm papel fundamental na inversão da trajetória dos poluentes que seguem a CKA.” (ALMEIDA e CARVALHO, 2008, p. 6). Como alega Meier (2001, p. 34), “[The] complementary relationship of state and market will have to be emphasized in policymaking.”²². A ideia é aprofundada abaixo:

Mecanismos governamentais, como legislação apropriada e seu devido cumprimento, educação ecológica e também políticas de incentivo às técnicas ambientalmente corretas, podem se constituir em instrumentos capazes de reduzir o impacto do desenvolvimento econômico sobre os recursos naturais. (SANTIN, 2006, p. 103)

Souza-Lima (2004, p. 121) afirma que a égide sobre a qual o *GSM* foi formulado “tende a reduzir as múltiplas dimensões dos recursos naturais a uma única dimensão: a do mercado.”. Em outras palavras, o axioma de que o mercado seria ferramenta capaz de, sozinha, gerar a situação econômica ótima pode não ser válida no alcance de melhorias contínuas do ecossistema e preservação ambiental, sendo imperativa uma consideração mais ampla sobre as políticas públicas e institucionais concernentes ao assunto.

²² Tradução: “[A] relação de complementariedade entre estado e mercado deverá ser enfatizada na formulação de políticas.”.

4.2 RECURSOS NATURAIS ENQUANTO CAPITAL PRODUTIVO

A ineficiência no tratamento dos recursos naturais como fatores de produção relevantes para a manutenção do sistema produtivo global pode ser notada desde o Modelo de Crescimento de Solow, em que a função de produção agregada e a renda *per capita* da economia dependiam positivamente apenas dos fatores capital e trabalho, sem nenhuma relação com os insumos provenientes da natureza. No entanto, em especial após a década de 1970, a percepção de que os recursos naturais são finitos e em grande parte não renováveis difundiu-se pelo globo, assim como a noção de que o ritmo intenso de crescimento econômico alcançado pelo sistema poderia comprometer sua própria reprodução no longo prazo.

Um primeiro passo para entender a influência mútua entre as atividades produtivas humanas e a condição dos ecossistemas globais (binômio economia-ecologia), e a conseqüente preocupação com os recursos naturais e a sustentabilidade, é ter em vista as propriedades que regem a utilização do capital natural. Como escreve Cavalcanti (2003, p. 149):

Toda atividade humana, qualquer que seja ela, incide irremediavelmente no ecossistema, quer pelo lado da extração de recursos (caso em que a natureza funciona como *fonte*), quer pelo do lançamento de dejetos sob a forma de matéria ou energia degradada (caso em que atua como *cesta de lixo*).

Para que haja a completa internalização do capital natural em um modelo econômico, portanto, o tratamento dado à utilização de tal estoque de capital deve incluir tanto suas propriedades de fonte de matérias-primas como de escoamento de resíduos.

O *GSM*, enquanto uma evolução do Modelo de Crescimento Neoclássico original por incluir no estudo a emissão de poluentes na atmosfera, internaliza o capital natural em sua segunda função retratada anteriormente: a “função *sink*” (do inglês, fossa, esgoto). O modelo, por meio de formulações matemáticas, tenta adequar a atividade produtiva e a quantidade de resíduos dela resultante de forma que não seja excedida a capacidade de suporte do meio ambiente. Dito diferentemente, de forma que ao ecossistema seja concedida a possibilidade temporal de dissipar os dejetos e poluentes nele despejados, sem comprometer a qualidade ambiental futura.

Entretanto, a primeira função (função *source*, do inglês, fonte) permanece esquecida e apenas os capitais físico e humano (máquinas, equipamentos e trabalho) são considerados *inputs* da função de produção nacional. Como demonstram Oliveira e Pôrto Júnior (2007, p. 4), desconsiderar a natureza como geradora de riquezas sociais é uma incoerência, já que o “capital natural pode ser definido como um conjunto de ativos ambientais, ou de recursos naturais, de que dispõem um dado sistema econômico como insumos do processo produtivo.” Conseqüentemente, uma função de produção agregada que internalize o capital natural em sua função *source* deveria ser assim formalizada, em que N representa os insumos produtivos advindos diretamente da natureza:

$$Y = f(K ; L ; N) \quad (19)$$

A função acima deve ser reestruturada para incluir o progresso técnico e o foco do modelo em estoques por trabalhador eficiente. O resultado é uma função de produção nacional em que a renda depende positivamente não mais apenas do capital físico, mas também do natural, ambos condicionados ao progresso técnico poupador de mão-de-obra:

$$y = f(k ; n) \quad (20)$$

Após a inclusão do novo fator de produção, todavia, por aceito o fato de que “o capital natural prove (*sic*) toda a espécie de bens e serviços que a sociedade humana pode converter em produtos úteis” (DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 4), algumas observações devem ser elencadas sobre sua utilização. Dada a existência de recursos naturais renováveis e não-renováveis²³, o tratamento conferido ao capital natural deve ser diferenciado para cada uma de suas duas constituições. Para Daly (2004, p. 200), “recursos renováveis devem ser explorados de maneira tal que: (1) as taxas de colheita não excedam as taxas de regeneração e (2) as emissões de resíduos não excedam a capacidade assimilativa renovável do meio ambiente local. Os recursos não-renováveis deveriam ser esgotados a uma taxa

23 Para Denardin e Sulzbach (2002, p. 6), recursos naturais não-renováveis apresentam uma capacidade regenerativa nula ou próximo a zero, enquanto os recursos naturais renováveis “apresentam capacidade auto-regenerativa, porém, sua exploração excessiva, superior a taxa de renovação/regeneração, pode levar o recurso a exaustão.”.

igual à taxa de criação de substitutos renováveis.”. Em outras palavras, para que haja uma correta percepção do crescimento sustentável, é necessária a consciência de que o meio ambiente atua tanto como fonte provedora de matérias primas quanto como “fossa receptora de dejetos”, advindos dos processos produtivos e de consumo.” (DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 5)

A inclusão de uma “função-conjunta” para o capital natural ainda se mostra necessária: a função *throughput*, representativa do uso dos recursos naturais em um ciclo de produção contínuo. Essa deriva do fato de os próprios dejetos produtivos, que não forem completamente perdidos ou desperdiçados, serem potencialmente utilizáveis posteriormente enquanto novos *inputs* de produção, embora em piores condições biofísicas²⁴.

4.3 NOÇÕES DE SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade se faz presente como a capacidade de as gerações atuais suprirem suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras em também fazê-lo, em conformidade com a habilidade do meio ambiente em suportar os processos econômicos vigentes (RAUH e SILVA, 2006). Ainda, em uma conceituação adicional, deixa-se mais claro o caráter intertemporal da sustentabilidade, sendo ela “uma característica de um processo ou estado que pode manter-se indefinidamente”. (HAUWERMEIREN, 1998, *apud* DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 11). E, no entanto, como cita Cavalcanti (2003, p. 153), a própria “ocorrência de danos ambientais irreversíveis [...] significa que se consegue crescimento econômico às expensas de benefícios potenciais para futuras gerações.”, corrompendo a própria noção de o que é um processo sustentável.

A teoria em que se assenta o *GSM* defende o que se pode convencionar como “sustentabilidade fraca” e leva em consideração dois pressupostos básicos que, combinados, fazem com que o esgotamento dos recursos naturais não seja visto como um empecilho ao crescimento econômico ilimitado. São eles: (1) a alta elasticidade de substituição entre o capital natural e o manufaturado e (2) a ecoeficiência do progresso tecnológico, em nome da qual defendem que cada vez

²⁴ Na próxima subseção este assunto será aprofundado.

será necessária menor utilização de recursos naturais para manter o mesmo nível de produção global (DENARDIN e SULZBACH, 2002). De acordo com Gonzales (1997), pela ótica da “sustentabilidade fraca” a escassez dos recursos naturais tem caráter relativo, passível de superação devido ao progresso técnico, sendo que para que o capitalismo seja sustentável é apenas necessária a manutenção do estoque de capital agregado (capital manufaturado mais capital natural).

O GSM, assim, se enquadra aqui pela importância que confere ao progresso técnico exógeno enquanto mantenedor da taxa de crescimento do produto nacional no estado estacionário. Aliado o progresso técnico na produção de bens (gT) com o progresso técnico no abatimento de poluição (gA), se pretende que a evolução técnico-científica supere a escassez relativa dos recursos naturais, e o mercado “deveria ser capaz de gerar novos arranjos institucionais, determinar o uso de novos materiais substitutivos, determinar a restrição (via preço) no uso dos recursos em vias de exaustão [...]” (MONTE-MÓR, 2005, *apud* RAUH e SILVA, 2006, p. 2). Ainda, Gonzales (1997) diz que a tecnologia não é um bem-livre, ou seja, o acesso às – e uso das – novas técnicas produtivas não está disponível a todos os agentes econômicos indiscriminadamente, quebrando um dos pressupostos básicos das duas versões do Modelo de Solow.

Prosseguindo tal enfoque, Oliveira e Pôrto Júnior (2007, p. 6) relatam:

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.

No entanto, como indica o WWF (2008), desde o final da década de 1980 a extração de recursos naturais como insumos nos processos produtivos excede em cerca de um quarto a capacidade de oferta de tais recursos por parte do Globo Terrestre. Atualmente, segundo a mesma entidade, a utilização de capital natural chega a exceder em 30% a capacidade regenerativa do planeta.

Na ambição de contornar incapacidades dos modelos atuais e melhor inserir o capital natural na dinâmica do crescimento econômico é necessário atingir,

segundo Denardin e Sulzbach (2002, p.1), “uma visão mais holística das relações entre o homem (sistema econômico) e a natureza (ecossistemas)”. Nesta linha, os economistas ecológicos pregam a “sustentabilidade forte” ao desconsiderar a premissa de alta elasticidade de substituição entre o capital natural e o manufaturado, de modo que

[...] é remota a possibilidade de repor o 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. (OLIVEIRA e PÔRTO JÚNIOR, 2007, p. 4)

A escassez dos recursos naturais, portanto, é encarada como absoluta, ao passo que o capital natural e o capital manufaturado são vistos como complementares e para ser alcançada a sustentabilidade do sistema produtivo é necessária a manutenção dos diferentes tipos de capital isoladamente. (DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 13)

Ainda, a corrente de pensamento enxerga as atividades econômicas como dependentes dos (e internas aos) processos e limites biofísicos do planeta, representados pelas Leis da Termodinâmica dos fluxos de matéria e energia. Para demonstrar os princípios biofísicos básicos em questão pode-se citar frases complementares de dois economistas: na visão de Cavalcanti (2003, p. 149, itálico do autor), “o processo econômico - que opera dentro de um subsistema aberto envolvido pelo ecossistema global - tem que respeitar *limites* (quer do fornecimento de recursos, quer dos da absorção de dejetos, além dos da própria tecnologia.)”; enquanto Daly (2004, p. 197) sumariza ao dizer que “em suas dimensões físicas, a economia é um subsistema aberto do ecossistema terrestre, o qual é finito, não-crescente e materialmente fechado.” Tem-se, pois, que tal vertente da teoria econômica prega uma aliança, regida por leis físicas, entre os sistemas econômicos e ecológicos (CAVALCANTI, 2003). Como escrevem Rauh e Silva (2006, p. 5):

A Economia Ecológica funda-se no princípio de que o funcionamento do sistema econômico, considerado nas escalas temporal e espacial mais amplas, deve ser compreendido tendo-se em vista as condições do mundo biofísico sobre o qual este se realiza, uma vez que é deste que derivam a energia e matérias-primas para o próprio funcionamento da economia. Uma vez que o processo econômico é um processo também físico, as relações físicas não podem deixar de fazer parte da análise do sistema econômico, o que a tornaria incompleta. Com isso, a natureza do problema envolve elementos tanto econômicos quanto biofísicos. [...] para entender o

funcionamento do sistema econômico e de suas relações com os recursos ambientais, é fundamental a compreensão de seus fluxos e balanços materiais e energéticos, o que coloca em posição de importância central os princípios biofísicos, especialmente os princípios termodinâmicos: Lei da Conservação (Primeira Lei da Termodinâmica) e Lei da Entropia (Segunda Lei da Termodinâmica).

Cavalcanti (2004, p. 154) critica as modelagens ortodoxas por refutarem o caráter de mútua dependência e coevolução entre sistemas econômicos e sistemas biológicos, como se segue:

Os sistemas econômicos convencionais não são apresentados pela análise econômica ortodoxa dentro de um contexto biofísico do qual dependessem. São, por isso, sistemas isolados. Como parte do contexto biofísico, porém, os sistemas econômicos configuram-se, verdadeiramente, como sistemas abertos. [...] a realidade da vida mostra que qualquer atividade humana se assenta em bases ecológicas, representadas por fluxos de energia e de materiais que alimentam todos os empreendimentos que se queiram efetuar. É nisso que consiste a compreensão biofísica ou termodinâmica do processo econômico.

Desta forma, retorna-se à concepção da função *throughput* do capital. O capital natural inicialmente captado e utilizado como insumo sofre transformações no processo produtivo e após sua vida-útil enquanto insumo ou bem de consumo é descartado. Neste segundo momento, tanto matéria quanto energia já foram utilizadas e em parte dissipadas pelo processo de produção e transformação do capital natural. Assim, embora o recurso esteja disponível para nova utilização como *input* de produção, seu potencial produtivo foi reduzido, segundo a Lei da Entropia, por perdas termodinâmicas qualitativas, já que os materiais não são completamente reaproveitados e a energia não pode ser reciclada. “Isto significa que as funções *source (inputs)* ou *sink (outputs)* não são tratadas isoladamente, elas relacionam-se por meio da conservação da matéria e energia.”, segundo Denardin e Sulzbach (2002, p. 10). Os autores continuam, no que tange a temática do crescimento econômico condicionado às Leis da Termodinâmica:

Para a economia ecológica o capital natural e o capital manufaturado são fundamentalmente complementares, impondo limites ao crescimento econômico através da escassez de recursos, bem como devido a capacidade de suporte do planeta. Para os economistas ecológicos, é pouco provável que tais limitações físicas sejam superadas pelo progresso técnico. Além disso, a partir das leis da termodinâmica fica evidente que a economia não poderá crescer indefinidamente já que a base física é um fator restritivo. Mais cedo ou mais tarde o uso do meio ambiente enquanto fonte de recursos e escoadouro de dejetos terá de ser reavaliado, a escala

da atividade econômica terá que ser repensada no intuito de não explorar os recursos naturais acima de sua capacidade de regeneração e não emitir resíduos acima de sua capacidade de assimilação. (DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 14)

Pelo condicionamento das atividades econômicas às propriedades biofísicas que regem nosso Planeta, a proporcionalidade entre a economia e o globo terrestre (aquela como um subsistema deste) é uma questão de suma importância. “A definição de uma escala da economia em relação ao meio ambiente natural é fundamental porque a biosfera, da qual a economia é um subsistema, é finita.” (DALY, 1992, *apud* DENARDIN e SULZBACH, 2002, p. 11). O crescimento econômico não tem condições de ocorrer indefinidamente, pois há limites em sua proporção como parcela do ecossistema. Os recursos físicos e energéticos existentes, de um total de 100%, não podem ser integralmente consumidos pelo subsistema econômico se se visa a sustentabilidade do processo produtivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS: UMA CRONOLOGIA AINDA POR TERMINAR

O sistema produtivo funciona a base de insumos, ingredientes necessários para obter o resultado esperado da “receita”. No ano de 1956, Robert Solow desenvolveu uma versão desta receita para o alcance do crescimento do bolo econômico norte-americano em seu valor agregado nacional: o Modelo Neoclássico do Crescimento, ou simplesmente Modelo de Solow. Ele considerou como ingredientes básicos em sua função de produção o capital físico e o trabalho, porém, desconsiderou outro ingrediente essencial, sem o qual nenhum produto pode ser obtido: os recursos advindos da natureza, o capital natural.

Com certa ajuda de crises relacionadas à escassez e aumento do preço de recursos naturais, principalmente a partir de 1970, economistas iniciaram um processo de mudança na perspectiva econômica, buscando adequar suas teorias a um mundo dependente dos bens que a natureza nos proporciona. Esta busca, embora conturbada, tem auxiliado na incorporação gradual nos modelos econômicos da noção de que toda e qualquer atividade desempenhada pela humanidade, como parte do ecossistema, dele depende e a ele influencia.

Em 2004, quase meio século após a publicação do artigo de Solow e formalização de seu modelo de crescimento, dois economistas também norte-americanos – William A. Brock e M. Scott Taylor – concluíram uma empreitada valiosa: a formalização de uma extensão para tal modelo, incluindo no estudo do processo econômico a conseqüente poluição ambiental. Por meio de dinâmicas neoclássicas de equilíbrio eles encontraram um ponto que diziam ser capaz de representar o crescimento sustentável da economia por uma CKA, com aumento de renda e simultânea diminuição nas emissões de poluentes.

Embora respeitosa, tal iniciativa ainda relegou a segundo plano alguns aspectos concernentes ao capital natural, sem os quais o estudo do crescimento econômico vinculado ao meio ambiente não pode ser concretizado. Foi ignorada a noção de que o processo econômico e produtivo está imerso no ecossistema e, portanto, é assim como ele regido por leis biofísicas sobre a conservação de matéria e energia. Após a internalização mais abrangente do capital natural na dinâmica do crescimento econômico, tendo por base as Leis da Termodinâmica, vê-se que o crescimento do produto nacional pode não ser sustentável indefinidamente: ao contrário, mostra-se condicionado aos determinantes e limites biofísicos do planeta.

Fatores como: (1) a disponibilidade de recursos naturais enquanto insumos produtivos, (2) a baixa elasticidade de substituição entre os capitais natural e manufaturado, (3) a potencial incapacidade do progresso técnico em suplantiar todas as imperfeições de mercado, (4) a dinâmica endógena da formação de conhecimento e tecnologia, (5) a possibilidade de haver um segundo ponto de inflexão na CKA de longo prazo, que retome a trajetória ascendente da poluição em conjunto ao crescimento da renda e (6) o papel de políticas governamentais na manutenção ou melhoria das condições ambientais são desconsiderados pelo *GSM*, indicando sua potencial incompletude.

Destacam-se as palavras de Cavalcanti (2003, p. 151) para incitar um questionamento fundamental na comunidade de estudiosos e pesquisadores das ciências econômicas:

Crescer, na perspectiva da macroeconomia, é sempre possível (além de desejável), embora a teoria microeconômica mostre que o ótimo da produção impõe limites ao crescimento de uma firma – fixando a escala que satisfaz às regras de maximização do lucro. Por que o mesmo não deveria valer para economias nacionais? Será que, do ponto de vista da economia nacional ou global, qualquer escala serve?

Este trabalho se insere como uma ponte que encoraje a elaboração de trabalhos futuros no ramo da modelagem de crescimento econômico ligado à sustentabilidade do processo produtivo capitalista e o como alcançá-la (se assim for possível). Assim como o ritmo da produção econômica material é ascendente, que também o seja o ritmo da produção intelectual no tocante à sustentabilidade, e que não seja necessário mais meio século para que novos modelos econômicos abordem conjuntamente os incentivos governamentais e a internalização integral da dinâmica ecossistêmica nas teorias do crescimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo; CARVALHO, Terciane Sabadini. **A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global**: Uma perspectiva Econométrico-espacial. Juiz de Fora (FEA/UFJF), 007/2008.
- BROCK, William A; TAYLOR, M. Scott. **The Green Solow Model**. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Working Paper 10557, 06/2004. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w10557>>. Último acesso em: 07/08/2010.
- CAVALCANTI, Clóvis. Uma Tentativa de Caracterização da Economia Ecológica. **Ambiente & Sociedade**, Campinas (UNICAMP), vol. VII, n. 1, p. 149-156, Jan./Jun. 2003.
- CHACEL, Julian M. Duas vertentes da reativação do crescimento. In: FIORAVANTE, Moacyr Antônio; FARIA, Lauro Vieira de. **A última década**: ensaios da FGV sobre o desenvolvimento brasileiro nos anos 90. Rio de Janeiro, FGV, 1993, p. 24-33.
- DALY, Herman E. Crescimento Sustentável? Não, Obrigado. **Ambiente & Sociedade**, Campinas (UNICAMP), vol. VII, n. 2, p. 197-201, Dez. 2004.
- DENARDIN, Valdir Frigo; SULZBACH, Mayra Taiza. Capital Natural na Perspectiva da Economia. I **Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, Indaituba, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/recursos_hidricos/Valdir%20Frigo%20Denardin.pdf>. Último acesso em: 06/08/2010
- EASTERLY, William Russel. **O espetáculo do crescimento**: as aventuras e desventuras dos economistas na incessante busca pela prosperidade nos trópicos. Rio de Janeiro, Ediouro, 2004.
- FERRARA, Massimiliano; GUERRINI, Luca. *The Green Solow Model with Logistic Population Change*. **10th WSEAS Int. Conference on Mathematics and Computers in Business and Economics**, p. 17-20, Praga, 2009. Disponível em: <www.wseas.us/e-library/conferences/2009/prague/MCBE/MCBE01.pdf>. Último acesso em: 06/08/2010.
- GONZALES, Roger Alfredo Loyola. A economia ambiental e a economia ecológica: uma discussão teórica. **II Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**: "A Economia Ecológica e os instrumentos e políticas para uma sociedade sustentável", p. 194-205, São Paulo, 1997. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ii_en/mesa2/4.pdf>. Último acesso em: 06/08/2010.
- LATOUCHE, Serge. O Decrescimento Como Condição de uma Sociedade Convival. **Caderno IHU Idéias**, São Leopoldo (UNISINOS), n. 56, p. 1-14, 21/09/2006.

MEIER, Gerald M. *The old generation of development economists and the new*. In: MEIER, Gerald M.; STIGLITZ, Joseph E. **Frontiers of Development Economics: the future in perspective**. Washington, A World Bank Publication, 2001.

OLIVEIRA, Livio Luiz Sabino; PÔRTO JÚNIOR, Sabino da Silva. O desenvolvimento sustentável e a contribuição dos recursos naturais para o crescimento econômico. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, p. 103-119, 2007.

OREIRO, José Luis. **Crescimento e distribuição no Modelo de Solow**: uma introdução. Brasília, UNB, Working Paper, 2010.

RAUH, André Ricardo; SILVA, Renata. A Economia Ecológica. **AGATHOS, Revista Científica da ASSEVIM**, Santa Catarina, ano II, número 002, dezembro de 2006. Disponível em: <www.assevim.edu.br/agathos/2edicao/andre.pdf>. Último acesso em: 16/08/2010.

SANTIN, Maria Fernanda Cavalieri de Lima. Vulnerabilidades Ambientais e Implicações para o Desenvolvimento Sustentável. **Análise**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 91-104, jan./jul. 2006.

SETTERFIELD, Mark. **Neoclassical Growth Theory and Heterodox Growth Theory: Opportunities for and Obstacles to Greater Engagement**. Department of Economics, Trinity College, 2009.

SOLOW, Robert Merton. *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. **Quarterly Journal of Economics (The MIT Press)**, Cambridge, vol. 70, n. 1, p. 65-95, fev. 1956.

_____. *Technical Change and the Aggregate Production Function*. **The Review of Economics and Statistics (The MIT Press)**, Cambridge, vol. 39, n. 3, p. 312-320, agosto 1957.

SOUZA-LIMA, José Edmilson de. Economia Ambiental, Ecológica e Marxista *versus* recursos naturais, **Revista da FAE**, Curitiba, vol. 7, n. 1, p. 119-127, jan./jun. 2004.

WWF - *World Wide Fund for Nature*. **Relatório Planeta Vivo**. Suíça, 2008. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?25500/Relatorio-Planeta-Vivo-2008>>. Último acesso em: 09/08/2010.