

DALMIR MACHADO TORRES FILHO

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE DEGRADAÇÃO  
AMBIENTAL E ELEVAÇÃO DO NÍVEL DE RENDA

Belo Horizonte  
Fundação João Pinheiro  
Outubro de 2008

DALMIR MACHADO TORRES FILHO

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE DEGRADAÇÃO  
AMBIENTAL E ELEVAÇÃO DO NÍVEL DE RENDA

Projeto de monografia elaborado para aprovação na disciplina Metodologia de Pesquisa e exigência do Curso Superior de Administração Pública Promovido pela Escola de Governo da Fundação João Pinheiro, no referido curso.

Orientador: Carlos Eduardo Torres

Supervisor: Luiz Carlos Cardoso Vale

Belo Horizonte  
Fundação João Pinheiro  
Outubro de 2008

## **RESUMO**

A motivação deste trabalho se baseia nas conflituosas relações entre economia e proteção do meio ambiente, que foram, durante muito tempo, ignoradas ou relegadas a um plano secundário pela maioria dos economistas. O trabalho, como contribuição empírica para a conexão entre crescimento econômico e degradação ambiental, analisa se o aumento do PIB per capita influencia na variação na cobertura por mata nativa nos municípios mineiros.

## **ABSTRACT**

The motivation of this paper is based on the conflicts between economy and environment protection, which have been ignored or relegated to a secondary plan for a long time by most economists. This work, as an empirical contribution to the link between economic growth and environmental degradation, intends to estimate this relationship analyzing whether the increase in income also increases coverage by native forest in district of Minas Gerais.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
1.1	Objetivos.....	6
1.2	Estrutura do trabalho.....	7
2	Meio Ambiente e Economia.....	8
2.1	Breve histórico da relação entre meio ambiente e economia.....	8
2.2	Meio ambiente como um bem público.....	13
2.3	Atuação estatal na preservação do meio ambiente.....	17
3	Curva de Kuznets Ambiental.....	20
3.1	Introdução.....	20
3.2	Determinantes da Curva de Kuznets Ambiental.....	21
3.3	Estudos utilizando a Curva de Kuznets Ambiental.....	25
3.4	Nível de renda e a Curva de Kuznets Ambiental: modelo endógeno.....	28
4	Metodologia.....	34
4.1	Resultados.....	39
4.2	Discussão.....	45
5	Conclusão.....	49
6	Referências bibliográficas.....	51
	Anexo I.....	55

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da economia é objetivo de qualquer país do mundo (BANCO MUNDIAL, 1992). O caminho para atingir tal objetivo, entretanto, não é simples. Ele é resultado de diversos fatores, interações e alterações nas estruturas produtivas, tecnológicas e sociais de uma economia (KUZNETS, 1974).

Neste percurso, o desenvolvimento da capacidade humana em dominar a natureza ao seu proveito, utilizando de seus recursos, foi determinante para almejar crescimento econômico. Entretanto, a importância do meio ambiente nesse processo de desenvolvimento humano foi, muitas vezes, esquecido, o que resultou em ameaças globais ao meio ambiente.

A Curva de Kuznets Ambiental (CKA) assume que o desenvolvimento econômico, não necessariamente resulta em cada vez maior degradação ambiental. Esse trabalho objetivou, portanto, estudar a relação entre o desenvolvimento econômico e o impacto ambiental resultante deste, sob a ótica dessa teoria.

### 1.1 Objetivos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) Estudar a relação entre o nível da cobertura vegetal por matas e florestas nativas, e o nível do PIB *per capita* municipal, em Minas Gerais.
- b) Estudar a relação entre a variação da cobertura vegetal por matas e florestas nativas, e a variação do PIB *per capita* municipal, em Minas Gerais.
- c) Estudar a relação entre a variação da cobertura vegetal por matas e florestas nativas, e a variação da proporção do PIB de serviços do município, em Minas Gerais.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

Capítulo 2: esse capítulo objetiva apresentar a problemática da questão ambiental tanto em um rápido resgate histórico, como na atualidade. Expõe-se, ainda, a relação do meio ambiente com o crescimento econômico, e a atuação estatal na preservação desse bem.

Capítulo 3: busca-se nessa seção desenvolver o arcabouço teórico no qual a teoria se desenrola, apresentando ainda, os mecanismos que supostamente são capazes de gerar os resultados preditos. Tendo visto isso, são apresentados os resultados de alguns estudos internacionais e nacionais que utilizaram a Curva de Kuznets Ambiental. Por fim, apresenta-se um modelo de crescimento endógeno, como uma maneira de ilustrar matematicamente alguns dos mecanismos explicativos para reversão da curva.

Capítulo 4: nessa divisão busca-se apresentar a metodologia utilizada, seguida dos resultados obtidos e de uma discussão buscando relativizar as observações sobre óticas importantes que, em geral, não são abordadas na literatura.

Capítulo 5: apresenta uma conclusão com base no espelhamento dos resultados obtidos na teoria que embasa o trabalho. Aponta-se aqui para caminhos que possam vir a gerar um modelo mais robusto para análise.

## **2 MEIO AMBIENTE E ECONOMIA**

### **2.1 Breve histórico da relação entre meio ambiente e economia**

A relação existente entre a economia e o meio ambiente obteve maior proeminência nos debates políticos somente na segunda metade do século passado. Entretanto, ao longo de toda a história, o capital natural<sup>1</sup> assumiu importante papel, muitas vezes preponderante, nas economias ao redor de todo mundo.

Os trabalhos de Thomas Malthus foram os primeiros relevantes que introduziram a variável ambiental nos estudos econômicos. Em seus estudos sobre a importância da produtividade marginal da terra sobre a produção de alimentos e a manutenção da prosperidade econômica, é explicitada a possibilidade de ultrapassarmos a capacidade da natureza de nos prover insumos. (MALTHUS, 1826)

A teoria malthusiana previa a incompatibilidade intrínseca da manutenção do ritmo de crescimento da sociedade humana, uma vez que a produção de alimentos cresce em proporção aritmética, e a população em proporção geométrica.

Esta teoria, muito mais recentemente, na década de 70, foi resgatada pelas perspectivas levantadas pelo Clube de Roma e tornou-se foco de discussão nas agendas públicas ao redor do mundo. Em um relatório publicado, o Clube alertava sobre os limites do crescimento econômico advertindo sobre a fé exagerada no progresso tecnológico, o que falsificou as teorias malthusianas. O relatório versava sobre uma iminente escassez de alimentos, petróleo e minério, além de um aumento exponencial da poluição e

---

<sup>1</sup> Refere-se aos bens e serviços providos diretamente pelo meio ambiente, como, por exemplo, estoque de árvores, peixes, água, ou ainda, no contexto atual, capacidade de captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

da degradação ambiental. Este resgate neomalthusiano foi peça fundamental para introdução da variável ambiental na Conferência das Nações Unidas realizado meses depois em Estocolmo. Nesta conferência, pela primeira vez, foram debatidos temas centrais relativos à interdependência entre uma população e os recursos de seu ambiente.

Muitos dos países, principalmente aqueles considerados “em desenvolvimento” defenderam o direito às oportunidades de crescimento econômico a qualquer custo, a fim de alcançar o patamar dos “países do norte”. A discussão foi definida proclamando como forma ideal de planejamento ambiental, aquela que associasse a prudência ecológica às ações pró-desenvolvimento, ou nos temos em que foi cunhada, o ecodesenvolvimento.

Nesta conferência, a idéia vigente de que o subdesenvolvimento é uma das mais freqüentes causas da poluição no mundo, foi reforçada. Portanto, o controle da poluição ambiental deveria ser considerado prioridade no processo de desenvolvimento, bem como a ação conjunta de todos os governos para possibilitar sinergia visando à erradicação da miséria no mundo.

O principal produto gerado ao final das discussões foram os vinte e cinco princípios fundamentais que orientariam a partir de então as ações internacionais na área ambiental. O objetivo final destes princípios era o posicionamento do homem dentro do ambiente como ser que o transforma, mas que depende dele para sobreviver.

Nos anos 80, esse debate das relações entre desenvolvimento e meio ambiente estendeu sua abrangência no mundo, e no Brasil. O que incentivou os primeiros esforços do país a institucionalizar os moldes da política de defesa do meio ambiente que perdura até os dias atuais. O marco zero deste processo foi a Lei Federal nº 6.938 estabelecendo, em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente que introduziu mecanismos de gestão colegiada e participativa através do Conselho Nacional do Meio Ambiente

(CONAMA). O ponto chave que marcou essa mudança para uma visão de cuidado com o meio ambiente dá-se, entretanto, com a Constituição 1988, que destinando um capítulo exclusivo para defesa do meio ambiente, configurou-se como um passo decisivo para a formulação da nossa política ambiental, dividindo entre o governo e a sociedade a responsabilidade pela preservação e conservação do Meio Ambiente. A partir daí iniciou-se o processo para criação de diretrizes para a execução de uma política ampla de proteção ambiental.

A conferência da ONU que ocorreu no Rio de Janeiro em 1992 ocorreu em um contexto onde as idéias ambientalistas já encontravam-se muito mais arraigadas e amadurecidas. O resultado desta reunião foi a definição dos seguintes objetivos prioritários de desenvolvimento:

- a) identificar estratégias regionais e globais para ações referentes às principais questões ambientais;
- b) examinar a situação ambiental do mundo e as mudanças ocorridas depois da Conferência de Estocolmo;
- c) examinar estratégias de promoção de desenvolvimento sustentado e de eliminação da pobreza nos países em desenvolvimento.

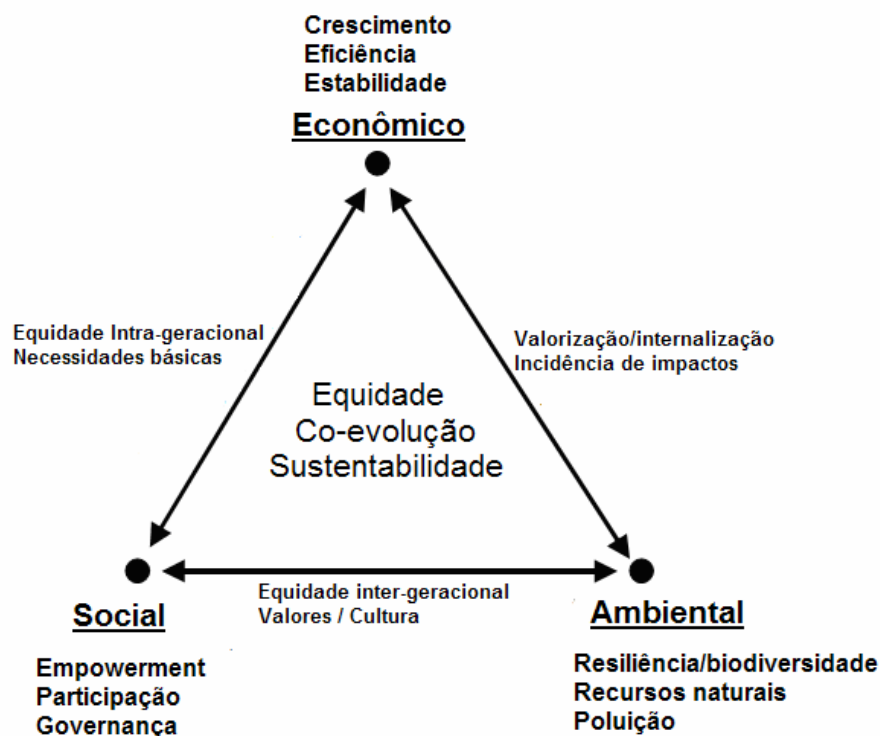
Esses objetivos refletindo as preocupadas com a repercussão internacional das teses discutidas na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, culminaram na criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 1992. Esse órgão de hierarquia superior assumiu portanto o objetivo de estruturar a política do meio ambiente no Brasil.

Desde então, avalia-se que o meio ambiente não pode ser considerado fator a parte de nossas decisões, não pode ser entendido como um reservatório inacabável de dejetos, nem provedor infinito de insumos naturais.

Neste contexto, surgiu, portanto, o conceito de desenvolvimento sustentável entendido pela publicação da ONU como "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as futuras gerações". (Our Common Future, 1987).

Este conceito, apesar de não ser universalmente aceito apresenta pontos que são consenso, como por exemplo, a coexistência de lados econômico, social e ambiental (Fig. 1). Cada uma dessas facetas possui seus próprios objetivos e características, mas relacionam-se. A preservação do meio ambiente é algo fundamental para crescimento sustentado intergeracionalmente. Questão que é valorizada diferentemente dependendo da cultura local, ou do nível de desenvolvimento econômico, esse último fator que influencia diretamente na valorização e internalização da questão ambiental.

**Figura 1:** Esquema do conceito de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: MUNASINGHE, 2002

O que se pretende argumentar é que “cada um desses pontos é regido por forças distintas, com lógicas e objetivos também distintos.” (MUNASINGHE, 2002). Mas, apesar disso, esses três fatores são imbricados, e relacionam-se profundamente. Os fatos capazes de desequilibrar uma destas esferas, também afetarão as demais, haja vista, à guisa de exemplo, o processo de aquecimento global.

A simples constatação, feita a partir dos anos 70, de que eram necessárias mudanças no padrão de desenvolvimento adotado para permitir a manutenção indeterminada do homem na Terra, sabidamente, não resultou na concretização de todos os ideais pretendidos. O caminho para atingir um objetivo tão necessário tem se mostrado cada vez mais complexo e difícil de ser traçado. Tal dificuldade se expressa pelos mais diferentes motivos, desde o estado ainda incipiente da pesquisa especializada, como os meios rudimentares para introdução da variável ambiental nas equações de produção e escolha da população e até mesmo do Estado.

De fato, a variável ambiental encontra-se a parte da maioria das análises econômicas. Apesar de, claramente, o crescimento ser baseado em aportes de capital não só físico, como também, capital natural, esta última variável não aparece nas análises realizadas em nenhuma esfera.

A tentativa das contas ambientais seria valorar monetariamente as questões ambientais e integrá-las com o sistema de contas nacionais, procurando retratar a relação entre desenvolvimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação do meio ambiente. Afinal, se o desenvolvimento depende do capital natural é de extrema importância considerar no Produto Interno Bruto (PIB) o valor dos bens e serviços ambientais. Este novo índice é muitas vezes chamado de PIB Verde.

Essa análise, entretanto, não é fácil de ser feita e ainda encontra muitos obstáculos, uma vez que, é muito complexo o processo de atribuir valor monetário a bens e serviços que não estão hoje no mercado, como é o caso do meio ambiente e demais bens públicos.

## **2.2 Meio ambiente como um bem público**

A perspectiva econômica traz que, respeitando determinados pressupostos, em determinados casos, a livre atuação egoística dos indivíduos é capaz de maximizar os ganhos provenientes das trocas entre estes indivíduos. Nesta análise, os preços são os sinais que guiam as decisões dos compradores e vendedores. Mas, como foi dito, há bens que não têm preços no mercado, como por exemplo, a manutenção do meio ambiente saudável.

Para atuação eficiente dos mercados, pressupõem-se duas características a esses bens chamados de bens privados:

a) ser excludível, ou seja, pode-se impedir pessoas de dispor deste bem.

b) ser rival, ou, em outras palavras, se alguém consome um determinado bem ninguém mais pode consumi-lo.

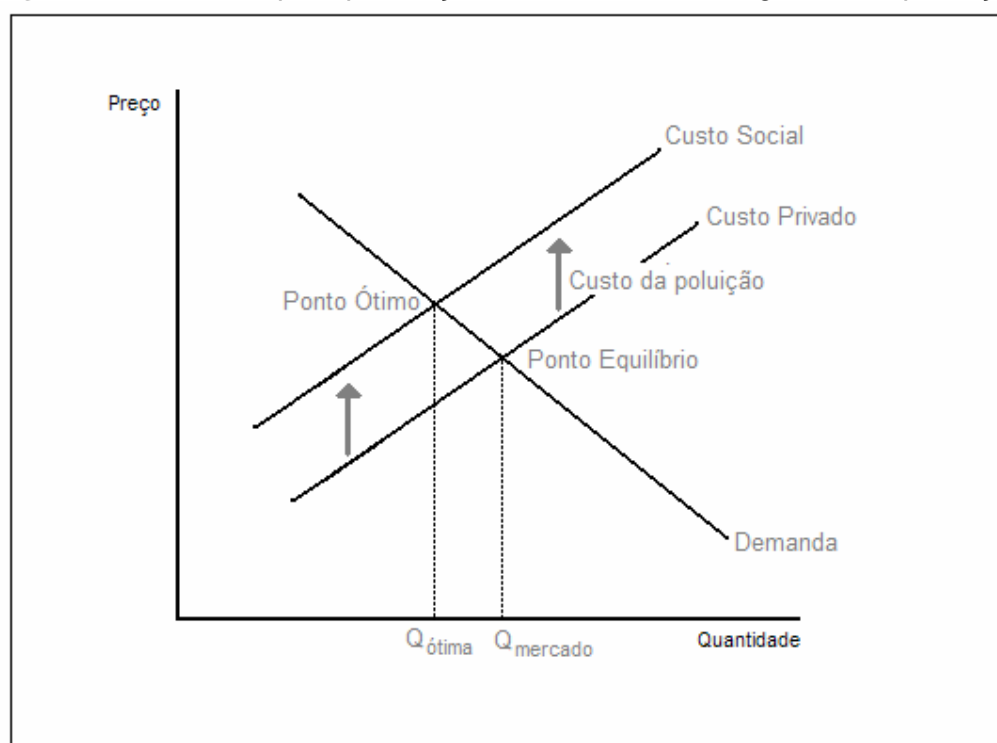
Os bens aos quais não se aplicam estes princípios são designados, sob o ponto de vista econômico, de Bens Públicos. Quer isto dizer: existem bens e serviços que podem ser consumidos por uma pessoa sem que isto reduza a capacidade de consumo das demais, ou ainda, podem ser consumidos pela população em geral sem que para isso seja necessário pagar qualquer quantia específica (VARIAN, 2003). A manutenção do meio ambiente saudável caracteriza-se, portanto, por ser um bem público.

Relacionada com este tipo de bens está, ainda, a ocorrência de “males públicos”, o qual a poluição ambiental é um caso exemplar, onde os mecanismos de mercado também falham.

Seguindo a lógica exposta, a existência de bens ou males públicos gera ineficiências de mercado, pois não obriga aos agentes a internalizarem os custos sociais provenientes de suas ações. A literatura, classicamente, denomina isto de externalidade, situação na qual o ótimo individual difere-se do ótimo social.

No caso específico da preservação do meio ambiente, observam-se dois grandes grupos de externalidades. Primeiramente, as externalidades de produção, na qual o custo social na fabricação de um bem é maior que os custos privados. Isto ocorre, por exemplo, na liberação de poluentes durante produção de algum bem. A quantidade ótima produzida pelo mercado é maior que a quantidade ótima social, conforme a figura 2 abaixo.

**Figura 2:** Gráfico para presença de externalidades negativas na produção



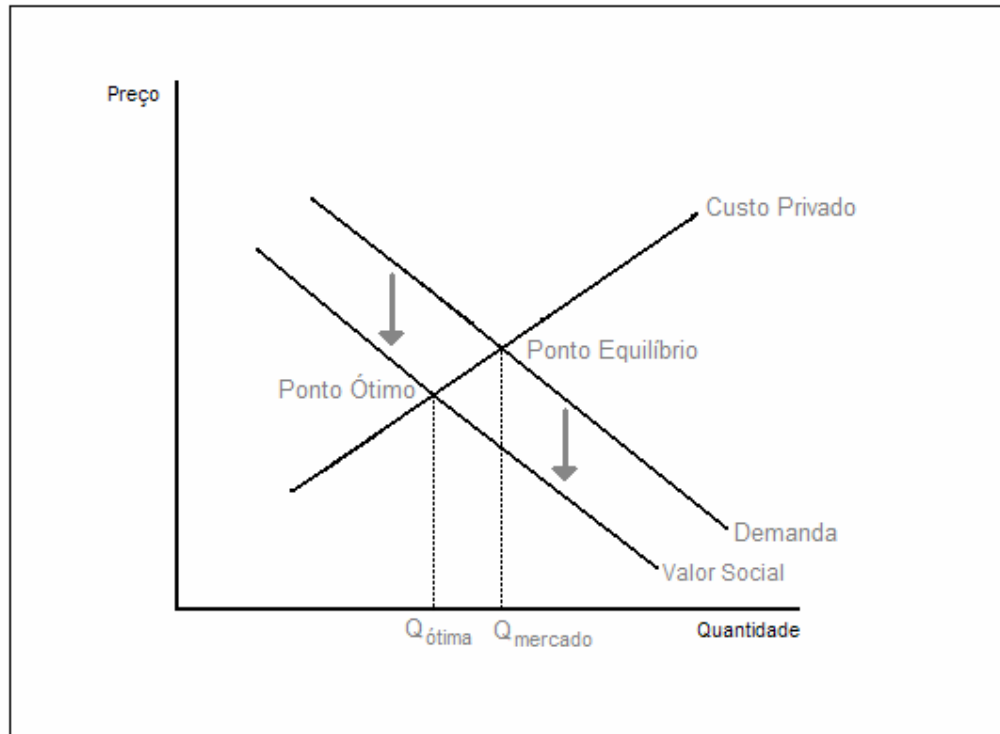
Fonte: Mankiw (2002)

Nota: o ajustamento do mercado ao não considerar um custo social leva a um equilíbrio no ponto  $Q_{\text{mercado}}$ . Mecanismos capazes de introduzir o custo social, como o imposto pigouviano, leva a um deslocamento da curva de oferta até o ponto  $Q_{\text{ótimo}}$  inferior ao  $Q_{\text{mercado}}$ .

O segundo grande grupo refere-se às externalidades de consumo. Neste caso verifica-se que custos sociais no consumo de certo bem não são internalizados. Por exemplo, o tempo necessário de depuração dos resíduos gerados por um bem como as sacolas de plástico dos

supermercados, ou as garrafas PET dos refrigerantes, etc. Neste caso, também, a quantidade consumida pela sociedade é maior que a quantidade socialmente ótima, como demonstrada na figura 3.

**Figura 3:** Gráfico para presença de externalidade negativas no consumo



Fonte: Mankiw (2002)

Nota: o ajustamento do mercado, ao não considerar um custo social, leva a um equilíbrio no ponto  $Q_{mercado}$ . Mecanismos capazes de introduzir o custo social, leva a uma contração da demanda até o ponto  $Q_{ótimo}$  inferior ao  $Q_{mercado}$ .

Conforme exposto, o mercado leva a alocações de recursos ineficientes no caso de externalidades, entretanto, há alguns tipos de soluções privadas para esse problema. Mankiw (2002) salientam três delas:

a) Instituição de códigos morais e sanções sociais, que são fortemente dependentes de uma mudança cultural da sociedade.

b) Obras caritativas, como por exemplo, a criação de ONG de defesa do meio ambiente, que são financiadas por doações privadas.

c) Estabelecer contato entre os produtores das externalidades e seus principais afetados, na tentativa de que estes, negociando, possam diminuir a discrepância entre a quantidade produzida, e o ótimo social<sup>2</sup>

Pode haver, entretanto, situações nas quais estas soluções privadas não são suficientes, ou não ocorrem. Isso se dá por vários motivos, entre eles, em decorrência de custos de transação<sup>3</sup> e pela existência do comportamento carona, ou *freerider*. Este comportamento é típico dos casos de bens públicos, pois, uma vez que os indivíduos não podem ser excluídos dos benefícios da manutenção do meio ambiente saudável, mesmo que não colaborem, eles não têm incentivos para arcar com os custos desta manutenção.

Estabelece-se muitas vezes um jogo no qual todos os indivíduos melhorariam se colaborassem com a preservação ambiental, mas, como individualmente não têm incentivos suficientes para colaborar, o resultado final é a degradação ambiental.

---

<sup>2</sup> Refere-se ao teorema de Coase, segundo o qual, se os direitos de propriedade forem bem definidos e os agentes privados puderem negociar sem custos a respeito da alocação de recursos, eles podem, por si mesmos, resolver os problemas resultantes das externalidades.

<sup>3</sup> Questão formulada por Ronald Coase (1937), sugere que há custos intrínsecos a realização de qualquer transação econômica. O custo de se realizar um contrato de compra e venda, é um caso típico de custo de transação.

### **2.3 Atuação estatal na preservação do meio ambiente**

Conforme examinado no capítulo anterior, a atuação egoística dos indivíduos pode não ser suficiente para garantir um desenvolvimento sustentável da economia. Analisemos mais detalhadamente.

A suposição do Clube de Roma, já expostas, que descrevem o padrão de desenvolvimento atual como insustentável, e acima da capacidade natural do planeta de prover matéria útil e depurar aquelas inúteis a cada dia ganha mais adeptos. Espera-se que os habitantes sejam racionais e objetivem perpetuar no tempo. Podemos concluir que é do interesse de todos que seja criados outros padrões para o desenvolvimento da economia sem afetar a sustentabilidade da vida. Entretanto, a princípio, nenhum ator que assumir os custos para mudar seu comportamento sem que os outros também o mudem.

A análise mais comumente difundida é que, nestes casos, a existência de bens públicos abre espaço para atuação do Estado visando corrigir esta falha de mercado e diminuir os custos de transação permitindo incentivos ao investimento, inovação tecnológica e aperfeiçoamento da gestão ambiental, etc. (BARROS; MULLER; NOGUEIRA, 2005).

Como fato, a simples inclusão dos custos ambientais na equação de produção industrial já seria um avanço incalculável visando a um desenvolvimento sustentável. Entretanto alguns problemas intrínsecos a questão vem à tona mesmo em uma análise preliminar da questão. Como exemplo a dificuldade de valoração da potencial degradação ambiental. Esta questão permeará praticamente todas as políticas públicas voltadas para correção das externalidades geradas na questão ambiental.

Ao longo da história recente, os governos oscilaram entre dois grande grupos de políticas: inicialmente aquelas denominadas como “comando e controle”, baseadas principalmente em políticas de regulamentação *stricto sensu* e, posteriormente, aquelas baseadas no mercado.

Neste último grupo encontram-se os principais instrumentos utilizados no mundo atualmente baseados nos princípios poluidor-pagador<sup>4</sup>; incentivos fiscais, como o ICMS-ecológico em Minas Gerais; licenças negociáveis para poluição, entre outros.

Assumindo aqui o argumento defendido anteriormente que a atuação estatal visando à conservação ambiental é função legítima e necessária do Estado, ele enfrenta uma difícil questão. Seja qual for o meio que ele utilize para buscar prover um meio ambiente mais saudável para os cidadãos, como conseguir o desenvolvimento econômico e social dentro de seus domínios sem que isto ocasione prejuízos ambientais?

Em outras palavras, como resolver esse *trade-off* no qual imprimir maior controle sobre a degradação ambiental, muitas vezes, piora a situação dos indivíduos nos estratos mais baixos de renda, para os quais, “uma pausa para proteger ou reparar danos ambientais pode, literalmente, tirar a comida da boca dos famintos” (LEONARD, 1992).

Salienta ainda Leonard (1992) que “economistas especializados em desenvolvimento acreditam muitas vezes que a relação entre pobreza e meio ambiente é parecida com a que existe entre inflação e desemprego, da forma postulada pela curva de Phillips<sup>5</sup>”

Dentro desta questão, a possibilidade de criar sinergia entre a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico, bem como os pré-requisitos para tal, são questões de grande relevância no debate político e acadêmico.

A teoria de Curva de Kuznets Ambiental estabelece os primeiros sinais contrários a idéia até então predominante na qual para um maior

---

<sup>4</sup> O princípio poluidor-pagador. Trata-se da cobrança, pelo Estado, da diferença entre o custo marginal privado, e o custo marginal social visando correção das externalidades provocadas. Na prática representa que aqueles que mais se utilizam de recursos naturais mais devem pagar ao Estado.

<sup>5</sup> Relação entre inflação e desemprego encontrada por Phillips no caso do Reino Unido. Acreditava-se existir um trade-off entre o nível médio de desemprego e a taxa média de inflação sendo impossível atacar os dois problemas ao mesmo tempo (Stiglitz, 2003).

desenvolvimento econômico, necessariamente, o Estado teria que controlar os indivíduos a fim de garantir a não degradação completa do meio ambiente.

O próximo capítulo busca relativizar esse aparente *trade-off*, apresentando a teoria da Curva Ambiental de Kuznets, e suas possíveis consequências para essa discussão.

### 3 CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

#### 3.1 Introdução

A pergunta lançada nessa discussão é: A dinâmica natural da evolução do sistema econômico capitalista pode por si só levar a uma relação neutra ou até positiva com a conservação do meio ambiente?

Na literatura a respeito da economia ambiental, discute-se em grande parte, a existência ou não de uma relação em forma de U invertido entre renda e degradação, o que foi denominado Curva de Kuznets Ambiental (CKA) (BARROS; MULLER; NOGUEIRA, 2002). Se a relação de fato puder ser assim descrita, podemos concluir que a degradação ambiental inicial em um sistema pode ser considerada inevitável, mas o crescimento da renda levaria a uma melhoria da qualidade ambiental. Partindo-se do pressuposto de que o ponto de *turn over* da curva não seja tão alto, que a degradação necessária para a inversão da curva, ultrapasse a capacidade da natureza de recuperar-se.

Em uma análise preliminar da teoria proposta, salientam-se três perspectivas:

a) uma primeira em que a curva não existe, e, portanto há necessidade de formulações de políticas ambientais para preservação do meio ambiente, como foi argumentado anteriormente.

b) uma segunda que pressupõe a existência da curva, e abre margem para conclusão que o Estado deveria preocupar-se, tão somente, com o desenvolvimento econômico, pois a dinâmica natural de mercado resolveria a questão ambiental.

c) ou ainda, uma terceira perspectiva, na qual a curva existe, mas a diminuição da degradação ocorre justamente pela atuação estatal, via

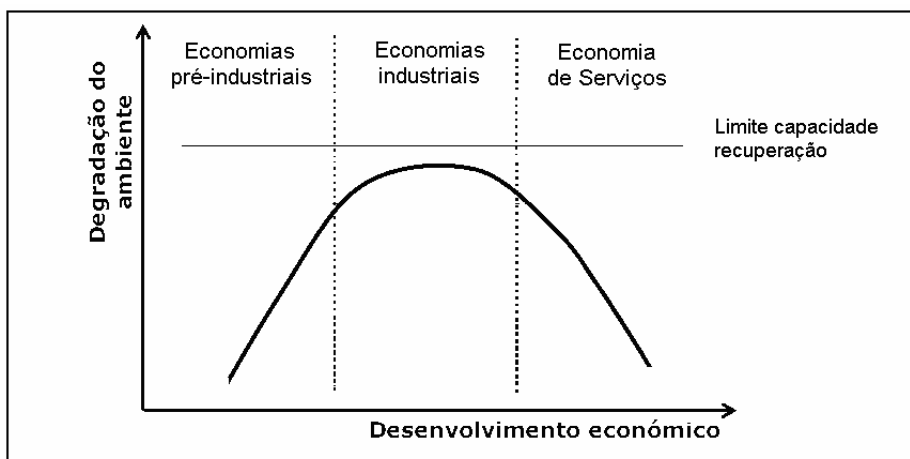
políticas públicas; e essa atuação é viabilizada pelo desenvolvimento econômico. Essas questões serão analisadas com maior profundidade posteriormente.

### 3.2 Determinantes da Curva de Kuznets Ambiental

Strand (2002) resume os principais argumentos que a literatura expõe a respeito da existência da CKA. São eles:

1 - O argumento primeiro baseia-se na transição natural de uma economia pré-industrial, passando por uma economia industrial de alto impacto ambiental, até uma economia baseada principalmente em serviços. Uma maior proporção da economia focada na prestação de serviços, sabidamente, pressiona menos o meio ambiente uma vez que é menos exigentes de energia e recursos, tanto na produção quanto no consumo. A figura 4 procura espelhar essa explicação.

Figura 4: Curva de Kuznets

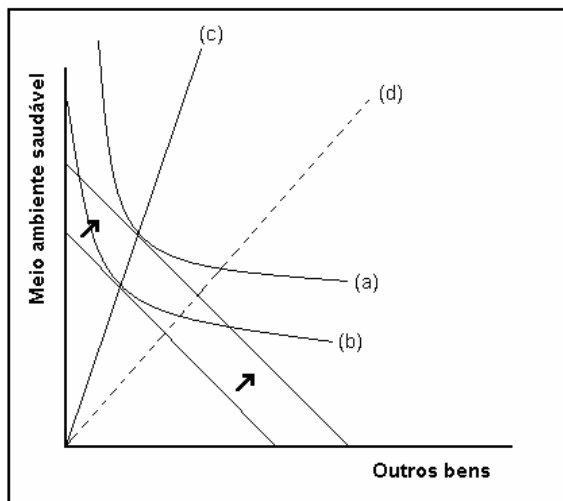


É importante ressaltar, entretanto, que este argumento não é capaz de, por si só, explicar a redução da degradação ambiental durante o desenvolvimento econômico. Ele explica, tão somente, a menor intensidade de degradação por unidade de produzida.

2 – O avanço natural do nível tecnológico tende a aumentar a eficiência no uso da energia e dos materiais. Cada vez mais bens podem ser desenvolvidos utilizando para isso cada vez menos recursos naturais. Além disso, o incremento tecnológico pode aumentar também a capacidade de reaproveitamento de resíduos, o que diminuiria a pressão sobre a capacidade de depuração de resíduos no meio ambiente (GROSSMAN & KRUEGER 1995).

3 – À medida que a renda aumenta, possivelmente, as preferências dos indivíduos se alterem. O aumento da renda leva um deslocamento da restrição orçamentária, o que potencialmente aumenta o consumo de todos os bens disponíveis. Entretanto, alguns bens têm seu consumo aumentado mais do que proporcionalmente aos outros, quando do deslocamento positivo da restrição orçamentária, como representado na figura 5. A estes bens denominados “bens de luxo” dentre os quais incluímos a provisão do meio ambiente saudável (ARROW et al. 1995)

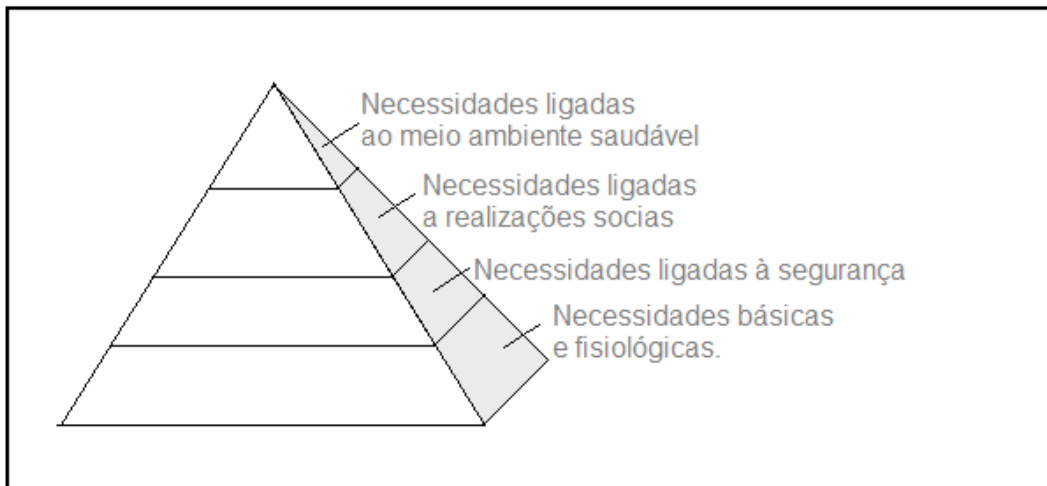
**Figura 5:** Gráfico de Substituição entre Meio Ambiente e Outros Bens



Nota: Na hipótese de que o “meio ambiente saudável” seja um bem de luxo o deslocamento da restrição orçamentária demonstrado pelas setas leva a um deslocamento da curva de indiferença de (b) para (a) sobre a reta (c), que por não ser coincidente com mediatriz do quadrante (d) expressa que não é uma relação homotética. Como a reta (c) está acima da reta (d) conclui-se que o deslocamento para direita da restrição orçamentária aumenta mais o consumo de meio ambiente, do que o agregado dos outros bens.

Além disso, pode-se fazer ainda uma analogia ao princípio da teoria geral de administração conhecido como “Pirâmide de Maslow” (fig. 6), na qual as necessidades humanas estariam organizadas numa espécie de ordem hierárquica. Os indivíduos, de acordo com esta teoria, só buscariam atender suas expectativas mais ao topo da pirâmide de preferências, assim que atendem as necessidades situadas mais a base. Nesta visão, os indivíduos primeiro preocupar-se-iam em atender suas necessidades fundamentais, fisiológicas, de segurança, necessidades sociais, para só então atentar para questão ambiental, por exemplo.

**Figura 6:** Pirâmide exemplificando hierarquia de Maslow



Em sociedades democráticas, essa maior preocupação com o meio ambiente, teoricamente, será manifestada, através do processo político, no incremento da pressão na direção da preservação, e desenvolvimento ambientalmente responsável. Os meios a disposição do Estado no atendimento destas pressões foram discutidos no subcapítulo sobre a atuação estatal na defesa do meio ambiente.

4 – Este ponto, intimamente relacionado ao anterior, ressalta que certas variáveis, inclusive políticas, podem alterar-se juntamente com o desenvolvimento econômico, e também contribuir para a diminuição da degradação ambiental. É o que salienta Arrow (1995) ao dizer que a CKA não implica, necessariamente, na crença de que o crescimento econômico é condição suficiente para melhoria do meio ambiente. Pelo contrário, ele salienta o importante papel dos instrumentos econômicos e políticos para proteção ambiental.

Ou seja, a simples dinâmica do desenvolvimento econômico, sozinha, não levaria a uma diminuição da degradação ambiental, mas esta dinâmica propicia o surgimento de outros fatores que, por sua vez, intensificariam o caminho da redução do impacto sobre o meio ambiente com a elevação da renda da população, como, por exemplo, uma população mais educada estaria mais propícia a pressionar democraticamente por uma reforma de cunho ambiental do que outra com menor nível educacional.

5 – há possibilidade de uma região não diminuir seu “consumo de degradação”, mas, simplesmente, exportá-la para outra região, enquanto ocupa-se, em seu território, com atividades ecologicamente responsáveis. Na literatura esse comportamento denomina-se “*environmental dumping*”.

Com base nos argumentos descritos acima, inúmeros trabalhos teóricos foram realizados enfocando regiões e abordagem diversas, dentre esses exponho alguns, a título de análise e embasamento teórico.

### **3.3 Estudos utilizando a Curva de Kuznets Ambiental**

Os estudos sobre a CKA dividem-se em dois grandes grupos, aqueles que buscam entender os determinantes teóricos da CKA, e os que apresentam alguma evidência empírica (FONSECA, 2005).

Os resultados empíricos internacionais utilizam os mais diversos indicadores de degradação ambiental, e a mais variada gama de especificações dos modelos. Alguns trabalhos confirmam a CKA, enquanto outros criticam a alta sensibilidade dos resultados às formas funcionais e especificações dos modelos. A literatura hoje encontrada sobre a Curva de Kuznets Ambiental começou a ser desenvolvida nos primeiros anos da década de 90. Os primeiros estudos apresentam evidências empíricas de que alguns indicadores de poluição tendem a seguir um caminho de U invertido na medida em que a renda per capita aumenta. Essa literatura, conforme o anteriormente discutido, diz que os países em desenvolvimento tenderiam a degradar seu meio ambiente na medida em que se desenvolvem economicamente, e esta degradação aumentaria até certo ponto, quando então começa um movimento de queda simultâneo ao acúmulo de riquezas. E é por conta destes resultados que a relação entre poluição e crescimento tem sido, desde então, denominada Curva de Kuznets Ambiental, devido à analogia desta com a relação apontada por Kuznets (1955) entre desigualdade de renda e crescimento econômico (FONSECA, 2005).

A revisão destes estudos indica, claramente, que a escolha do indicador de qualidade ambiental a ser usado, e o modelo utilizado alteram drasticamente os resultados obtidos. Esta discussão, bem como, a definição dos indicadores utilizados, dos canais pelos quais a relação entre renda e qualidade ambiental seria atingida e outras questões concernentes serão discutidas posteriormente.

À guisa de exemplo, um destes primeiros estudos utilizando a CKA foi realizado por Grossman e Krueger (1991). Neste estudo, utilizando dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) como indicador de degradação ambiental, em relação à renda *per capita*, estimou-se uma curva cúbica, inicialmente aumentando com o aumento da renda, depois diminuindo e novamente aumentando, semelhante a um “S” na horizontal. Já Panayoto (1993, 1995) obteve a clássica CKA para os indicadores: óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), índices de partículas em suspensão, demanda biológica por oxigênio (DBO)<sup>6</sup>, e desmatamento.

Selden e Song (1994), por sua vez, utilizando dados do *World Resources Institute* (WRI) estimaram a CKA para dados de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e partículas suspensas. Porém obtiveram *turn over points* muito acima dos demais estudos.

No Brasil, estudos utilizando qualidade de água e consumo de energia não verificaram correlação com o nível de renda (KAMOGAWA, 2003). Oliveira (2006) utilizando como *proxy* para capital natural estoque de terras temporárias<sup>7</sup>, encontrou relação cúbica, com a renda *per capita* para os municípios gaúchos.

No segundo braço teórico em que se dividem as pesquisas relacionadas à CKA, encontram-se aquelas destinadas a buscar entender os determinantes teóricos da curva, e não mais uma análise puramente empírica.

Buscando estudar estes determinantes que levariam a formação da CKA, Komen et al (1997) buscou estabelecer a relação entre aumento da renda *per capita*, e o aumento dos dispêndios públicos com proteção ambiental. Sua hipótese é que o aumento do dispêndio público reflete maior preocupação da sociedade com o meio ambiente, e isto ocorreria nos locais onde a

---

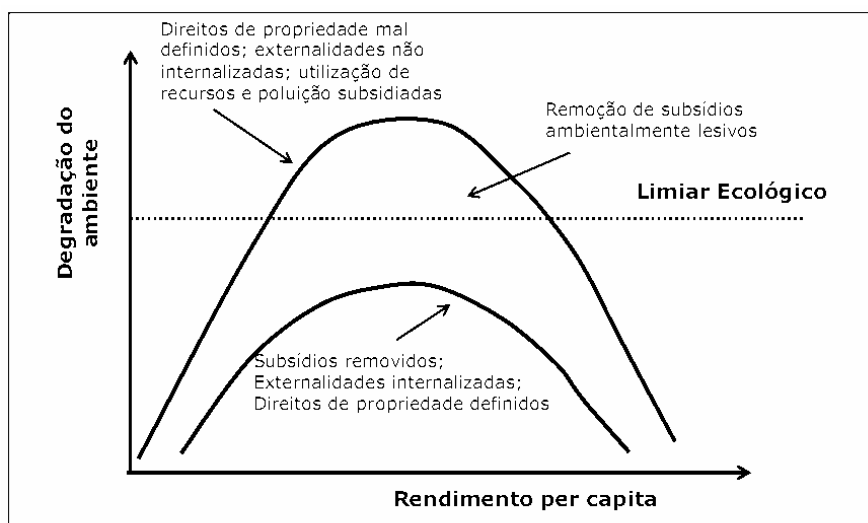
<sup>6</sup> Trata-se da demanda de oxigênio, através de reações biológicas e químicas. Quanto maior a poluição por matéria orgânica, maior a demanda por oxigênio, mais degradado encontra-se a fonte hídrica.

<sup>7</sup> Áreas utilizadas para cultivo de culturas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano.

população apresentasse maior renda. Este estudo estimou uma CKA típica, o que confirmou a hipótese indicando que possivelmente o aumento da renda levaria a maior valoração do meio ambiente por parte da sociedade, assumindo a hipótese que os gastos públicos refletem as preferências sociais vocalizadas.

O mesmo autor levanta o argumento que Kuhl (2004) defende: o determinante na conservação ambiental são as mudanças institucionais que tendem a ocorrer com o aumento da renda *per capita*. A relação entre crescimento e qualidade ambiental não é direta, envolve um complexo mecanismo de retro-alimentação (feedback), passando por vários canais institucionais que afetam mercados e forças políticas (ANTLE E HEIDEBRINK, 1995). Esses estudos constataram, portanto, que é possível achatar a Curva de Kuznets Ambiental obtendo um ponto de reversão mais baixo, e assim, aceitando um nível menor de degradação facilitando e acelerando o retorno do ambiente a patamares mais saudáveis.

**Figura 7:** Esquema da Curva de Kuznets



Fonte: Paula Antunes (ECOMAN)

Panatoyo (1997) também sugere que a qualidade das políticas e das instituições pode levar ao achatamento da CKA diminuindo a degradação que inevitavelmente ocorreria com o crescimento econômico. De acordo com ele, exemplos destas políticas e instituições são: imposto pigouviano<sup>8</sup>, nível de cumprimento de normas, definição clara de direitos de propriedade, evitando o clássico problema da tragédia dos comuns<sup>9</sup>, etc.

Em suma, a relação entre a renda e a conservação do meio ambiente não necessariamente é negativa. Isto é demonstrado em diversos estudos, analisando diversas variáveis. Entretanto, os mecanismos pelos quais o aumento da renda pode influenciar a redução da degradação ambiental ainda não são bem conhecidos. Os autores diferem sobre os possíveis elementos que relacionam essas variáveis. Como foi explicitado, parece haver dois canais, um direto e outro indireto. Enquanto alguns acham que a típica CKA ocorra naturalmente com o processo de desenvolvimento da economia, outros destacam que uma melhora nos indicadores ambientais é fruto de uma maior demanda por bens ambientais que passa a pressionar o poder público por maior regulação e mais expressivo investimento na área ambiental (EKINS, 1997) (MUNASINGHE, 1998).

### **3.4 Nível de renda e a Curva de Kuznets Ambiental: modelo endógeno**

Ainda dentro do braço teórico que visa à explicação dos determinantes teóricos da CKA, há argumentos que visam elucidar o

---

<sup>8</sup> Idealizado por Arthur Cecil Pigou, inspirou o que hoje é conhecido por princípio poluidor-pagador. Trata-se da cobrança, pelo Estado, da diferença entre o custo marginal privado (CMgP), e o custo marginal social (CMgS) visando correção das externalidades provocadas. Como resultado da aplicação do Imposto de Pigou, o preço do produto aumenta para os consumidores, diminuindo a quantidade transacionada no mercado, diminuindo a pressão sobre o meio ambiente (economia do meio ambiente, 2003).

<sup>9</sup> Na utilização de um fator de produção privado os indivíduos escolheram a produção que igualam o custo marginal ao produto marginal obtido. Entretanto, quando há existência de um fator de produção de uso comum (como o típico exemplo de pastos, ou áreas de pesca) é racional a cada indivíduo, isoladamente, aumentar a produção até lucro marginal torne-se zero. Como resultado há super-exploração do recurso podendo levar ao seu esgotamento.

comportamento da curva através de um modelo endógeno. Neste exercício seguiremos Nogueira (2002).

Nesse modelo utilizaremos a mesma lógica original, entretanto, salienta-se que, para facilitar a compreensão dos sinais esperados dos fatores, é mais intuitivo pensar em benefício e custo da conservação e, posteriormente, inverter o sinal. Originalmente o modelo incita a análise diretamente como degradação ambiental, o que dificulta a compreensão.

Suponha que um indivíduo possui o seguinte benefício líquido:

$$BL = f(Y, A) \quad (1)$$

Onde BL é o benefício líquido, e (Y) e (A) são, respectivamente, o nível de renda per capita e o nível de qualidade ambiental.

O indivíduo deseja maximizar seu benefício líquido, e isto é representado pela diferença entre benefícios e custos, ambos dependentes do nível de renda e da degradação ambiental.

$$BL(A, Y) = B(A, Y) - C(A, Y) \quad (2)$$

B e C são, respectivamente, o benefício e o custo, ambas funções da degradação ambiental (A) e do nível de renda per capita (Y).

Para qualquer nível de renda, procura-se maximizar sua utilidade, e para isso busca igualar seu benefício marginal, ou a predisposição a pagar por um meio ambiente mais saudável, com o custo marginal de se obter este nível de qualidade ambiental. Assim sendo a primeira condição a ser satisfeita é:

$$\frac{\partial B}{\partial A} - \frac{\partial C}{\partial A} = 0 \quad (3)$$

A questão a ser analisada é saber como, o equilíbrio  $(A^*, \bar{Y})$  se altera com mudanças na renda per capita. Assim sendo, sendo (A) função de (Y) diferenciemos (3) em função da renda.

$$\frac{\partial B}{\partial A \partial Y} + \frac{\partial B}{\partial A^2} \left( \frac{\partial A}{\partial Y} \right)_{A=A^*} - \frac{\partial C}{\partial A \partial Y} - \frac{\partial C}{\partial A^2} \left( \frac{\partial A}{\partial Y} \right)_{A=A^*} = 0 \quad (4)$$

A equação (4) relaciona (A) e (Y) no nível em que a degradação  $(A^*)$  é ótima para qualquer nível de renda. Então temos:

$$\left( \frac{\partial A}{\partial Y} \right)_{A=A^*} = \frac{\left( \frac{\partial B}{\partial A \partial Y} - \frac{\partial C}{\partial A \partial Y} \right)}{\left( \frac{\partial C}{\partial A^2} - \frac{\partial B}{\partial A^2} \right)} \quad (5)$$

Nessa equação, a hipótese é que o sinal de  $(\partial A / \partial Y)$  varia de positivo para negativo para um determinado nível de renda, gerando uma curva no formato de um "U" invertido. Conseqüentemente, o sinal da elasticidade para degradação ambiental em relação à renda mudaria de positiva para negativa, com o aumento desta. Isso pode ser argumentado através do estudo da equação (5).

É razoável considerar a disposição a pagar por melhorias na qualidade ambiental como positiva,  $\frac{\partial B}{\partial A^2} > 0$ , pois as pessoas valorizam mais o

meio ambiente saudável, quão menos este está presente. Em outras palavras, os pontos representando maior nível de degradação ambiental refletem situações em que os indivíduos apresentam maior disposição a pagar por um meio ambiente mais saudável. Além disso, a curva de custo marginal para reverter à degradação ambiental tem coeficiente negativo, ou seja:  $\frac{\partial C}{\partial A^2} < 0$ .

Em situações em que a degradação está muito elevada, o custo para conseguir uma unidade de recuperação ambiental é baixo, entretanto, sucessivas reduções no nível de degradação representarão custos crescentes. Com a análise do sinal destes dois fatores conclui-se que o denominador da equação (5) tornar-se-á negativo. E, portanto o sinal de  $\left(\frac{\partial A}{\partial Y}\right)_{A=A^*}$  é oposto ao

do numerador  $\frac{\partial^2 B}{\partial A \partial Y} - \frac{\partial^2 C}{\partial A \partial Y}$ .

Analisando agora o sinal do numerador, bens ambientais possuem elasticidade maior do que um. Constituindo-se bens de luxo, como já foi explicado (BATEMAN et al. 1992). Dado o caráter único dos bens ambientais, estes também apresentam baixa substitubilidade.

As curvas  $\frac{\partial B}{\partial A}$  (BMg) variam seguindo os diferentes níveis de renda  $Y_0 < Y_1 < Y_2 \dots Y_n$ . Dado que  $\frac{\partial^2 B}{\partial A \partial Y} < 0$ , que a disposição a pagar por um meio ambiente saudável aumenta com o aumento da renda. Mais do que isso,  $\frac{\partial^3 B}{\partial A \partial Y \partial Y} > 0$ , ou seja, a curva de move-se a taxas crescentes.

Tentando analisar o comportamento do Custo Marginal, podemos inferir algumas proposições. No início da curva  $\frac{\partial C}{\partial A}$  ( $Y_0$ ) é baixo porque em um estágio inicial do desenvolvimento econômico, a degradação é irrelevante

$\frac{\partial^2 B}{\partial A \partial Y} > \frac{\partial^2 C}{\partial A \partial Y} > 0$ . Haja vista uma estrutura econômica baseada na agricultura de subsistência, por exemplo.

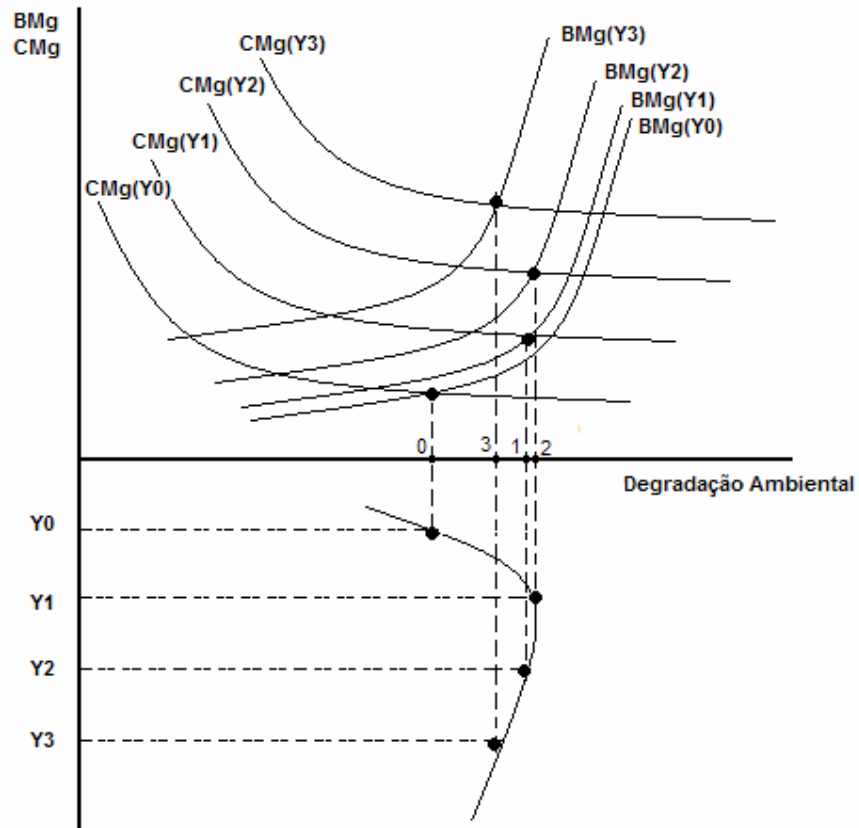
Entretanto, ao longo do desenvolvimento econômico, suplantadas as fases iniciais de industrialização, os custos marginais para proteção do meio ambiente tendem a crescer com a estruturação da economia baseada na indústria, ou no *agrobusiness*, o que piora os níveis de qualidade ambiental. Este resultado de baixa na qualidade ambiental é devido ao grande uso de recursos ambientais, e baixa tecnologia utilizada na minoração destes.

Assim, no início do desenvolvimento tecnológico o custo da degradação é compensador. Contudo, ao longo do desenvolvimento, com a economia atingindo uma fase pós-industrial a renda tende a aumentar e tanto recursos humanos mais capacitados, quanto o conhecimento tecnológico mais avançado tornam-se mais disponíveis. Isto contribui para diminuição da degradação por unidade produzida. Trata-se do efeito tecnológico.

Outro efeito já discutido que pode ser relacionado ao modelo proposto trata da mudança de concentração da economia de uma baseada na industrial para uma econômica baseada em serviços. O que também representa uma menor pressão sobre os recursos ambientais. Trata-se do efeito composição. Infere-se ainda que haja uma tendência de aumento da “consciência ambiental”, por exemplo, que justificaria a hipótese de  $\frac{\partial^3 C}{\partial A \partial Y \partial Y} > 0$ . (Barros; Muller; Nogueira, 2002).

Estes argumentos buscam sustentar que  $\frac{\partial^2 B}{\partial A \partial Y} - \frac{\partial^2 C}{\partial A \partial Y}$  provavelmente é negativo nos estágios iniciais de desenvolvimento econômico, mas torna-se positivo com o aumento da renda dos indivíduos. A figura 8 retirada exemplifica essa relação. As curvas de benefício e custo marginal encontram o equilíbrio nos pontos 0, 1, 2, 3 que formam a possível Curva de Kuznets Ambiental formada por este modelo, dada as hipóteses assumidas.

**Figura 8:** Comportamento da Curva de Kuznets Ambiental



Nota: CMg e BMG referem-se, respectivamente, ao custo e o benefício marginal da conservação ambiental em diferentes níveis de renda (Y).  
Fonte: MUNASINGHE (1998)

#### 4 METODOLOGIA

A metodologia selecionada analisa o comportamento dos municípios mineiros com relação as variáveis relacionadas a cobertura vegetal por matas e florestas nativas, a densidade populacional e o Produto Interno Bruto *per capita*. Analisaremos cada uma dessas variáveis mais detalhadamente a seguir:

a) A cobertura vegetal por matas e florestas nativas é utilizada neste estudo como *proxy* para qualidade ambiental. A escolha deste dado justifica-se inicialmente pela disponibilidade de dados ao nível municipal, mas também pela sua reconhecida importância para determinação do grau de qualidade ambiental local. Haja vista, por exemplo, o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG) que define 40% de seu índice de qualidade como grau de conservação de mata nativa. Ainda de acordo com o ZEE: “A modificação de ambientes naturais pela fragmentação excessiva da vegetação original deprecia a qualidade de vida em diversos aspectos. O clima local é modificado, a qualidade e disponibilidade de água ficam comprometidas e as paisagens perdem características estéticas importantes para o bem estar social.”

A utilização deste indicador para avaliação empírica da CKA foi utilizada em inúmeros trabalhos internacionais, como, por exemplo, Shafik and Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993), Shafik (1994), entre outros conforme exposto no Anexo I.

A fonte de dados existente sobre a cobertura vegetal nos municípios é o censo agropecuário, cujas versões disponíveis são dos anos de 1996 e 2006, o dado é referente a soma de todas as áreas com matas e ou florestas nativas do bioma do município. Uma série histórica mais longa poderia

trazer resultados mais consistentes, entretanto não há disponibilidade de dados para tal.

b) O Produto Interno Bruto (PIB) per capita municipal será utilizados como indicador de riqueza. Regra geral, os trabalhos relacionados a CKA utilizam renda como este indicador, entretanto, para o período selecionado, não há dados consistentes para renda nos municípios mineiros. Essa adaptação pode gerar certa distorção, uma vez que muitas vezes o produto gerado em um município constitui renda de outro, como, por exemplo, no caso de municípios dormitórios. Os dados utilizados referem-se à variação do PIB per capita de 2005, e de 1999 com preços de 2005, deflacionado pelo IPCA acumulado no período.

c) O índice de Gini utilizado corresponde ao mais atual disponível ao nível municipal pelo Atlas de Desenvolvimento Humano, a saber, 2000.

d) A densidade populacional rural é apontada em diversos trabalhos, como Van e Azomahou (2003), Panayoto (1995), Angelsen e Kaimowitz (1999), como um dos fatores responsável pelo desmatamento. Os dados utilizados referem-se à população rural do município no ano 2000 segundo o IBGE dividido pela área rural da localidade, ou:

$$D = \frac{\text{pop rural}}{\text{Área rural (ha)}} \quad (6)$$

Serão realizadas três modelos econométricos buscando estudar diferentes hipóteses, os modelos serão baseados, principalmente em Nogueira (2002) e Fonseca (2005).

a) Modelo I

Inicialmente, objetiva-se estudar o efeito do nível de renda no nível da conservação ambiental, mais especificamente na cobertura vegetal por matas e florestas nativas. Para tanto, usaremos a seguinte equação econométrica:

$$\frac{mata_{i06}}{total_i} = \beta_0 + \beta_1(PIB_{i99})^2 + \beta_2 PIB_{i99} + \beta_3 D_{i00} + \beta_4 G_{i00} + \varepsilon_i \quad (7)$$

Onde,  $i = 1,2,3, \dots, 853$  (municípios mineiros);  $t =$  valores de referência supracitados;  $mata =$  área do município coberta por mata ou floresta nativa;  $total =$  área total do município;  $PIB$  é o Produto Interno Bruto no ano de 1999,  $D =$  densidade rural ( $n^\circ$ habitantes rurais/ $n^\circ$ hectares na área rural);  $G =$  índice de Gini;  $\varepsilon_i =$  erro.

b) Modelo II

A segunda análise econométrica refere-se à estimativa da variação da renda em relação ao desmatamento de floresta nativa. A seguinte formulação será utilizada:

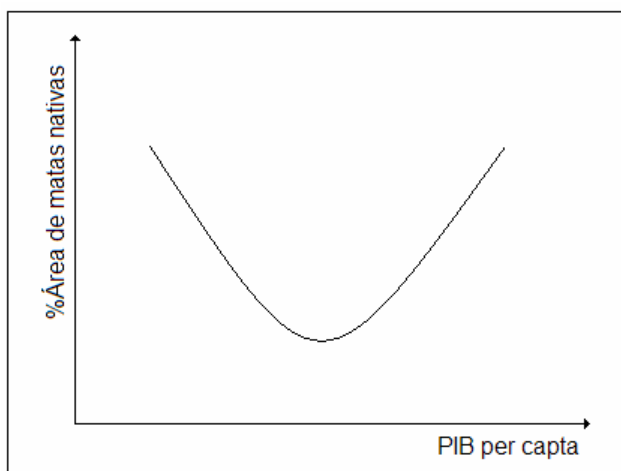
$$\ln\left(\frac{mata_{it}}{mata_{i(t-1)}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \left[ \ln\left(\frac{PIB_{it}}{PIB_{i(t-1)}}\right) \right]^2 + \beta_2 \ln\left(\frac{PIB_{it}}{PIB_{i(t-1)}}\right) + \beta_3 D_i + \beta_4 G_i + \varepsilon_i \quad (8)$$

Onde,  $i = 1,2,3, \dots, 853$  (municípios mineiros);  $t =$  valores de referência supracitados;  $mata =$  área do município coberta por mata ou floresta

nativa; PIB é o Produto Interno Bruto, D = densidade rural (nºhabitantes rurais/nºhectares na área rural); G = índice de Gini;  $\varepsilon_i$  = erro.

É importante salientar uma questão, a CKA clássica, como foi explicitado, tem a forma de um U invertido ao relacionar degradação ambiental e renda per capita. No caso desse estudo, como se está usando um indicador direto de qualidade ambiental (quanto mais melhor), espera-se um curva em forma de “U”, ao contrário da clássica CKA. Em outras palavras, o sinal esperado para  $\beta_1$  é positivo no primeiro modelo.

**Figura 9:** Formato esperado da CKA



De acordo com Angelsen e Kaimowitz (1999) há uma relação explicativa (mesmo que muitas vezes fraca) entre o crescimento populacional e aumento da pressão pela retirada de matas. Obviamente, a área é determinante na capacidade do município em produzir madeira, e demais insumos das matas. Como a densidade (D), expressa uma relação entre o número de habitantes e a área, espera-se que ela influencie na pressão sobre a retirada de matas e florestas da localidade. O sinal esperado é negativo, espelhando que quando maior a densidade populacional maior a tendência ao desmatamento.

A respeito do coeficiente do índice de Gini, espera-se um sinal negativo, pois quanto melhor a distribuição de renda, provavelmente, maior número de pessoas ultrapassariam a renda mínima para reversão da curva, e assim haveria menos grau de poluição no município. À guisa de ilustração, se 1% da população acumula a maior parte da riqueza, é razoável pensar que mesmo que a renda per capita do município seja alta, no extremo, talvez só esse 1% atingiu o ponto de reversão, diminuindo sua degradação efetiva ao meio ambiente. Os demais 99% continuariam degradando a taxas crescentes.

No que tange a  $\beta_0$  e  $\beta_2$ , não há motivos para esperar nenhum sinal *a priori*.

### c) Modelo III

A primeira hipótese explicativa que, historicamente, surgiu para a evidência empírica da CKA foi a transição da econômica para atividades, preponderantemente, do setor de serviços, e isso levaria a uma menor degradação ambiental. A fim de verificar essa hipótese será realizado uma verificação econométrica.

O teste examinará se os municípios com maior proporção do setor de serviços, de fato degradam menos o meio ambiente, no caso específico do desmatamento ( $\beta_1 > 0$ ).

$$\ln\left(\frac{mata_{it}}{mata_{i(t-1)}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{PIB_{it}^{Serviços}}{PIB_{i(t-1)}^{Serviços}}\right) + \varepsilon_i \quad (9)$$

Onde,  $i = 1,2,3, \dots, 853$  (municípios mineiros);  $t =$  valores de referência supracitados;  $mata =$  área do município coberta por mata ou floresta nativa;

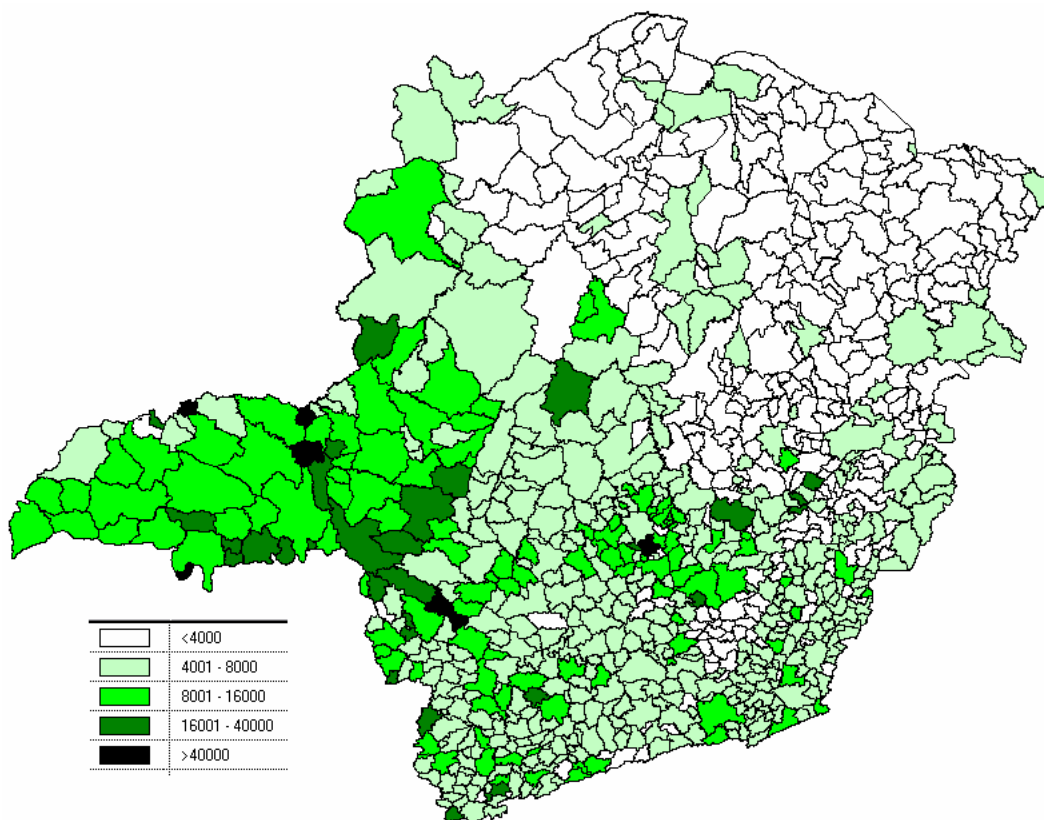
PIB é o Produto Interno Bruto;  $PIB^{serviços}$  = Produto Interno Bruto do Setor de Serviços.

#### 4.1 Resultados

Para analisar o modelo I e II, inicialmente será exposta a situação atual das principais variáveis estudadas, buscando uma noção visual da análise. Logo após, será apresentado os resultados da regressão. A discussão dos resultados será realizada no próximo capítulo.

Inicialmente, analisaremos na figura 10 o mapa representativo do nível do PIB *per capita* nos municípios de Minas Gerais.

**Figura 10:** Mapa do PIB per capita em Minas Gerais em 1999 (R\$)

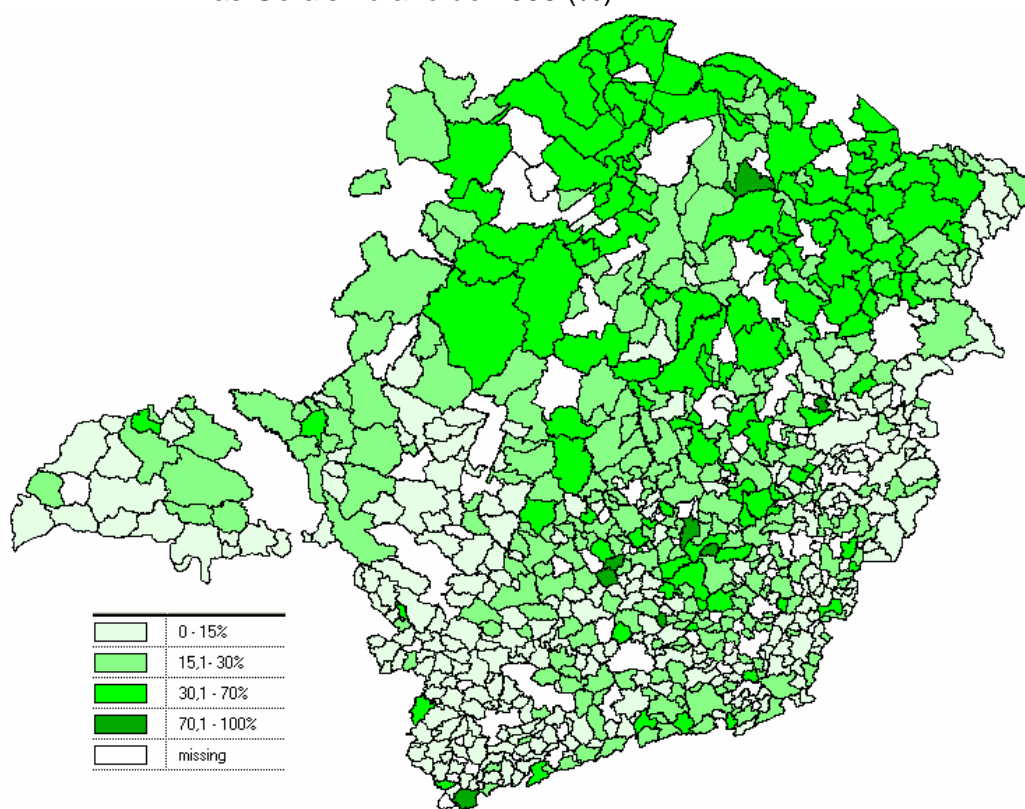


Fonte: IBGE

Analisando este mapa, observa-se uma delimitação em três regiões básicas uma primeira com PIB inferior compreendendo as regionais<sup>10</sup> Centro-Norte, Alto Jequitinhonha, Norte, Nordeste, Alto-Médio-São Francisco. Uma segunda, compreendendo a região do Triângulo e alto Paranaíba apresentou o maior PIB per capita do estado. E por fim, uma terceira com uma faixa intermediária de riqueza per capita. Visualmente não se estabelece qualquer relação entre o desmatamento no período estudado e o PIB per capita em 1999.

A cobertura vegetal municipal por será exposta buscando evidenciar relações visuais com o nível *per capita* de Produto Interno Bruto

**Figura 11:** Mapa da cobertura municipal por matas e florestas nativas em Minas Gerais no ano de 2006 (%)



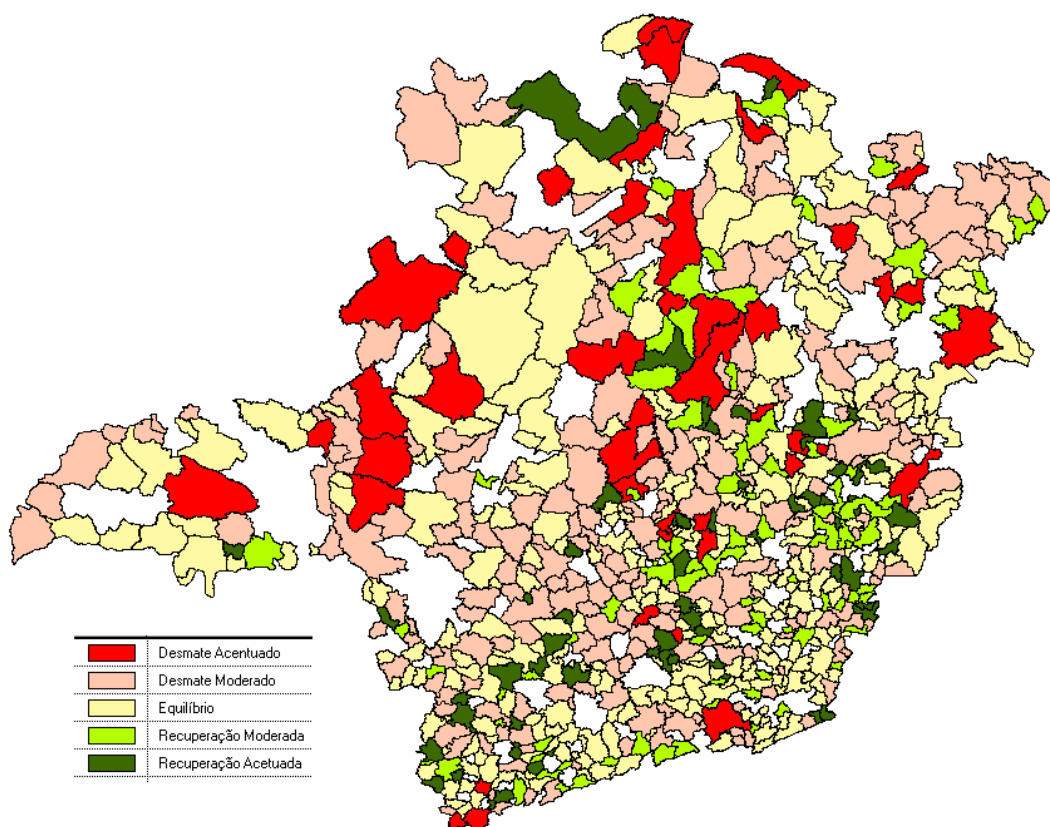
Fonte: IBGE

<sup>10</sup> Está sendo utilizada a divisão administrativa utilizada pelo Instituto Mineiro de Florestas (IEF)

Analisando a figura 11 acima exposta, representativa da cobertura vegetal dos municípios, observamos relativa relação com o nível de PIB *per capita* dos municípios, exposto na figura 10. Aparentemente, quanto maior o PIB, menos a porcentagem do município coberto por matas e florestas nativas. Essa relação será estudada com critério estatísticos em seguida.

O próximo mapa representa a variação de cobertura por matas e florestas nativas entre os anos de 1996 e 2006

**Figura 12:** Mapa do desmatamento em Minas Gerais entre 1996 e 2006



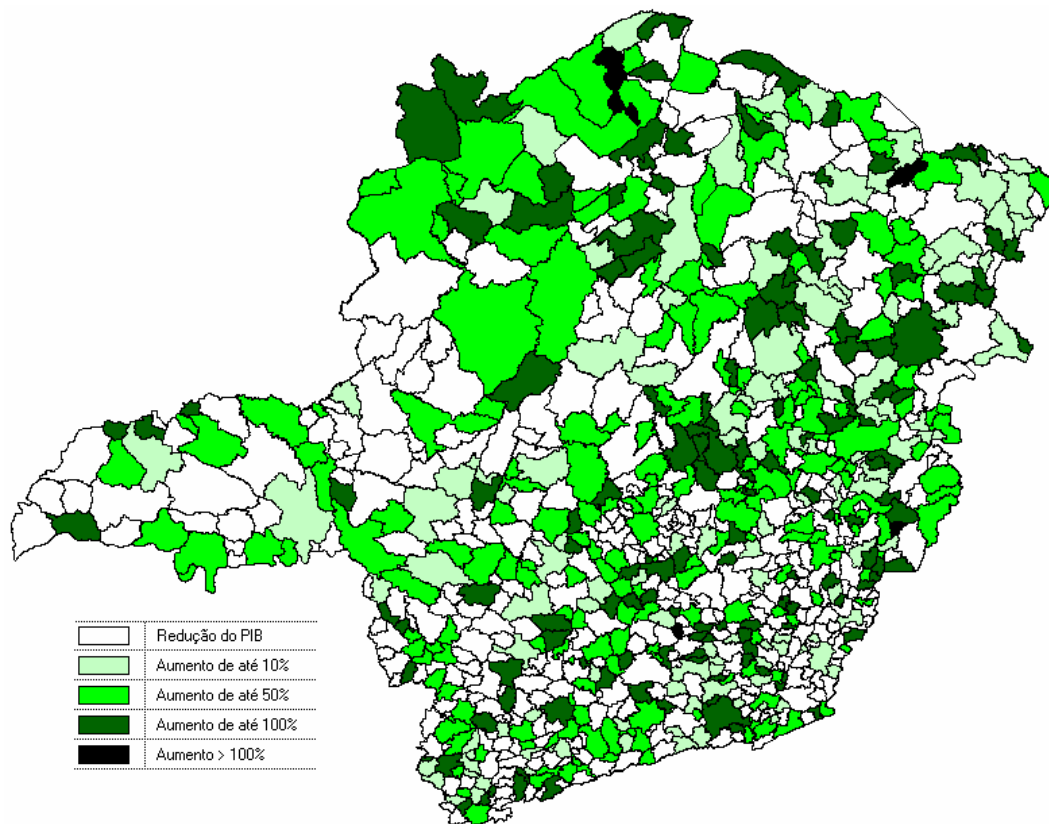
Fonte: Censo Agrícola IBGE

Nota: Equilíbrio representa variações de até 10%, moderado representa variações entre 10 e 50%,  
acentuado representa variações superiores de 50%

Observa-se pelo mapa que a maioria dos municípios perdeu vegetação nativa no período. Entretanto, alguns municípios recuperaram parte de suas matas e florestas perdidas, estes se encontram localizados principalmente

nas regiões Sul, Centro-sul, Rio Doce, e Centro-Norte. Salienta-se ainda que as áreas em branco representam os casos de *missing*, ou seja aqueles municípios para os quais não há dados para um dos dois anos de referência.

**Figura 13:** Mapa da variação do PIB em Minas Gerais entre 1999 e 2005



Fonte: IBGE

Analisando o mapa com a variação percentual do PIB entre 1999 e 2005 (fig. 13) podemos observar que a variação foi geograficamente mais uniformemente distribuída, não notando relação imediata com mapa de desmatamento, anteriormente observado. Caso haja correlação, está será observada, portanto, na análise numérica dos dados

a) Modelo I

Analisando os resultados da regressão obtemos o seguinte quadro:

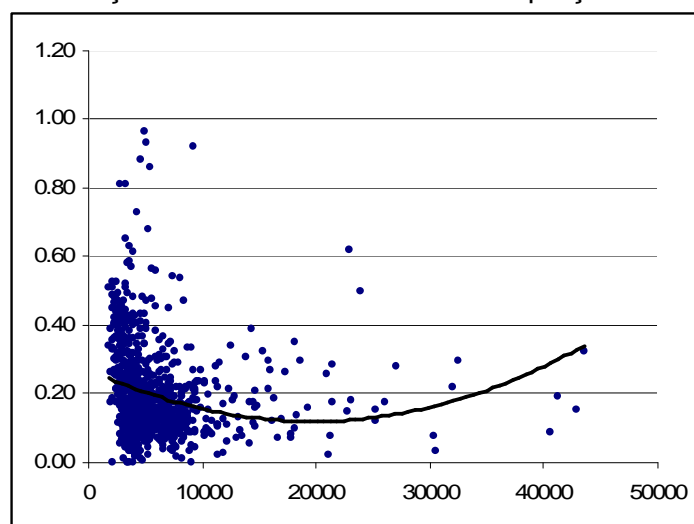
**Quadro I**  
Resultado estimações

Variáveis explicativas	Const.	PIB per capita 1999	(PIB per capita 1999) <sup>2</sup>	Densidade Rural	Índice de Gini	R-Quadrado	Nº observações	Prob > F
Modelo I	0.122	-6.80x10 <sup>-6</sup> *	6.15x10 <sup>-11</sup> *	-0.0114	0.450*	0.0204	846	0.000

Fonte: Própria

Notas: resultados obtidos pelo software Stata®; \* denota significância a 1%;

**Figura 14:** Gráfico de dispersão da proporção de cobertura vegetal nativa em relação ao nível de PIB em 1999 a preços de 2005.



Fonte: IBGE

O modelo I apresentou significância estatística para o nível de PIB per capita elevado ao quadrado, como prevê o modelo, e ainda, apresenta o sinal esperado, positivo. Os coeficientes apresentam valores muito baixos por causa do sistema de unidades utilizado. O índice de Gini também parece colaborar, nesse modelo com a conservação ambiental, apresentando coeficiente significativo a 1. A densidade não apresentou nível de significância nesse modelo.

Analisando o Gráfico de dispersão verifica-se que a grande maioria dos municípios mineiros concentram-se na zona com baixo PIB e Baixa e média conservação da cobertura vegetal nativa. O que pode indicar que a melhor curva de ajuste não seja a prevista pela teoria, ou seja quadrática.

b) Modelo II

Analisando as regressões econométricas obtemos como resultado o seguinte quadro:

**Quadro II**  
Resultado estimações

Variáveis explicativas	Constante	ln PIB per capita	(ln PIB per capita) <sup>2</sup>	Densidade Rural	Índice de Gini	R-Quadrado	Nº observações	Prob > F
Modelo II	-0.154	0.186	-0.12	-1.145*	-1.199	0.1877	748	0.000

Fonte: Própria

Notas: resultados obtidos pelo software Stata®; \* denota significância a 1%.

O modelo II apresentou resultado significativo (a 1%) Somente para o coeficiente da densidade rural, apresentando sinal o esperado, a densidade parece colaborar com a degradação ambiental, no que tange a cobertura de matas e florestas nativas ao ser analisada junto a variações do PIB per capita. Os motivos para isso não problematizados na discussão a ser realizada *a posteriori*.

c) Modelo III

Assumindo aqui a hipótese que há um tendência de aumento da proporção do setor de serviços com o desenvolvimento da economia, busca-se estudar se essa proporção interfere no nosso indicador de qualidade ambiental. Em outras palavras, investigar se uma maior proporção de serviços leva a uma menor variação na cobertura vegetal nativa. Analisando o quadro III não verifica-se essa hipótese. Não se percebe nenhuma correlação estatística entre

a maior proporção de serviços na economia municipal e a variação da cobertura vegetal nativa na localidade (quadro III).

**Quadro III**  
Resultado estimações

Variáveis explicativas	Constante	$\ln \left( \frac{PIB_{it}^{Serviços}}{PIB_{i(t-1)}^{Serviços}} \right)$	R-Quadrado	Nº observações	Prob > F
Modelo IIIb	0.2128*	0.52545	0.0028	750	0.1461

Notas: resultados obtidos pelo software Stata®; \* denota significância a 1%;

## 4.2 Discussão

Angelsen e Kaimowitz (1999), em seu estudo denominado *Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models*, resumem as principais questões concernentes a retirada de mata nativa de uma determinada região.

De acordo com o esse trabalho, as causas do desmatamento são explicadas por seis hipóteses, das quais, três interessam especificamente a esse trabalho.

a) Hipótese populacional: há uma fraca relação explicativa entre o crescimento populacional em determinada área e o aumento da pressão pela retirada de matas de acordo com a revisão bibliográfica realizada por Angelsen e Kaimowitz (1999).

b) Hipótese da pobreza: há uma pequena evidência empírica que liga desmatamento e a pobreza. Se a manutenção de uma área florestal exige investimento, pessoas ricas estariam em uma melhor posição para provê-la. O crescimento econômico, e a diminuição das distorções de mercado causam benefícios tanto para o meio ambiente, quando para a população em geral. Na análise desta hipótese, é importante salientar alguns aspectos controversos. Por exemplo, a liberalização econômica, e desvalorização cambial, tende a aumentar os ganhos da agricultura, e o preço da madeira que, em geral, causam maior desmatamento.

c) Hipótese da intensificação da agricultura: o uso de práticas de cultivo mais intensivas apresentam um efeito dúbio que não pode ser especificado a priori. Em comparação com práticas extensivas, as intensivas geram uma maior rentabilidade por metro quadrado produzido, o que aumenta a rentabilidade geral do investidor, que em uma primeira análise, precisaria de menos terra para gerar uma renda mínima. Entretanto, este aumento de rentabilidade aumenta também o custo de oportunidade de se manter uma área, como reserva ambiental, o que aumenta os incentivos para a retirada da mata. Assim o resultado do aumento da tecnologia de cultivo, e intensificação da agricultura é determinado por quão forte for os efeitos renda e substituição dos produtores.

Este trabalho permeia essas três hipóteses para justificar o desmatamento. Enquanto a primeira, passa ao lado dos estudos, sendo pouco explorada nos artigos a respeito da CKA, as duas últimas hipóteses são intimamente ligadas a cerne de toda essa discussão.

De acordo com os resultados analisados anteriormente, corroboramos a hipótese populacional no que tange o fato do aumento da densidade populacional na área rural aumentar a pressão por retirada de matas e florestas. O resultado obtido indica que a densidade influi na variação da cobertura vegetal nativa de forma inversa. Quanto maior a densidade, menor a conservação, ou seja, maior a taxa de desmatamento.

Antes de discutir os demais pontos, é importante salientar ainda algumas questões de extrema importância para a análise desse trabalho. É preciso relativizar os resultados obtidos sobre alguns aspectos:

Em primeiro lugar, há uma relação de dupla causalidade. Ou seja, não só o aumento do PIB influencia no desmatamento, como também, o desmatamento influencia no PIB. Análises econométricas mais complexas poderão ser desenvolvidas em trabalhos futuros para correção destas distorções. A maioria dos trabalhos que realizam trabalhos semelhantes a esse não enfrenta esses problemas por usarem indicadores que não causam

essa distorção, qualidade do ar, por exemplo. Os estudos que utilizam taxa de desmatamento ignoram esta questão.

Em segundo lugar, indicadores capazes de melhor capturar mudança de comportamento, e/ou valorização de bens ambientais no nível de indivíduos tornariam o modelo mais realista. Exceto raros artigos que estudaram essa questão através de aplicação de *survey*, toda a literatura toma dados agregados a nível municipal, estadual, ou nacional. Por esse motivo, não há como inferir maior conscientização ambiental ou qualquer outra conclusão em um nível individual, sob pena de incorrer em uma falácia ecológica. Este fato limita enormemente conclusões sobre a significância ou não dos canais que, supostamente, são capazes de levar a formação da CKA.

Além disso, cabe ainda ressaltar que grande parte das decisões, que influenciam diretamente a taxa de cobertura vegetal (como investimentos estaduais ou federais em programas de reflorestamento) são tomadas exogenamente. Assim sendo, em grande parte, as decisões de onde intensificar fiscalizações, ou reflorestar, não necessariamente, tem a ver com a “conscientização ambiental” dos municípios. Pode-se argumentar que, quanto maior a valorização do meio ambiente que os habitantes de um município façam, maior sua pressão por políticas públicas nesta área. Entretanto, sabe-se que quanto mais ampla a esfera administrativa, menor essa capacidade de pressão (federal < estadual < municipal) e a maior parte de políticas dessa espécie, no caso de Minas Gerais, são realizadas ao nível estadual. Além disso, outros fatores administrativos ou políticos pode influenciar tanto ou mais a decisão do local de implementação dessas políticas do que a vontade dos municípios.

Em último lugar, há forte incongruência nos dados de cobertura vegetal por mata nativa, chegando a, em certos casos, representarem mais de 100% da área do município.

Feitas essas ressalvas, percebemos no modelo estudado que o PIB e o nível de cobertura vegetal nativa estão correlacionados de alguma

forma. Verificou-se a existência empírica da CKA pela metodologia utilizada, uma vez que há um ajuste estatístico aceitável na forma quadrática. Entretanto, na análise do gráfico de dispersão plotado, aparentemente, o melhor ajuste seria logarítmico. O que induziria o pensamento que com o desenvolvimento da economia o caminho natural seria o aumento do PIB e a diminuição da cobertura vegetal, sem posterior aumento como pré-dito pela Curva Ambiental de Kuznets.

Verificou-se também que a variação da cobertura vegetal nativa, ou seja, o desmatamento, não apresentou correlação significativa com a variação do PIB *per capita*. Intuitivamente, esperar-se-ia que uma vez que o nível as análises de nível estavam correlacionadas, a variação também estaria. Entretanto, como isso não foi verificado, estudos mais aprofundados nessa questão fazem-se necessários para explorar se há uma hipótese explicativa plausível, ou se a relação encontrada na análise dos níveis (modelo II) é espúria.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho dedicou-se a estudar uma teoria da economia do meio ambiente utilizado como referencial à Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Como foi detalhado, a CKA assume que a qualidade do meio ambiente está relacionada com o crescimento econômico, no caso o Produto Interno Bruto per capita, da seguinte forma: a poluição cresce com o produto, mas a partir de algum determinado nível de renda a qualidade do meio ambiente começa a crescer juntamente com o PIB *per capita*.

Sobre este tema, duas correntes de estudos são mais freqüentes. Uma primeira estuda corroborações empíricas ao modelo, nessa corrente ainda não houve conclusão definitiva sobre a existência da CKA uma vez que, dependendo do tipo de poluente, da forma funcional utilizada no teste empírico, e até mesmo da amostra utilizada, a relação entre crescimento econômico e poluição ambiental assume um resultado diferente. A segunda corrente busca analisar os diversos canais que poderiam conduziriam a formação desta curva.

Este estudo encontra-se na primeira corrente citada. No caso específico, verificou-se a existência empírica da CKA pela metodologia utilizada. Um maior nível de PIB *per capita*, melhor distribuído entre a população explica em parte o nível de cobertura vegetal nativa dos municípios mineiros, entretanto, não se pode afirmar nada sobre os motivos que levaram a essa confirmação. Pode-se afirmar, tão somente, que não foi pelo aumento da preponderância do setor de serviços na economia, hipótese primeira, que não foi confirmada nos testes empíricos realizados.

Mais objetivamente concluindo sobre os objetivos iniciais:

a) Houve correlação significativa entre o estudo do nível de cobertura vegetal nativa e o nível do produto interno bruto *per capita*, em Minas

Gerais no período estudado. O que apresenta um argumento a corroborar a teoria da Curva de Kuznets Ambiental.

b) através do estudo sobre a variação da cobertura vegetal por matas e florestas nativas, e a variação do PIB *per capita* municipal, em Minas Gerais não é possível fazer conclusões definitivas. Mas no período estudado a variação do PIB não impactou na variação da cobertura vegetal nativa, indicando que o nível de renda é mais importante que a variação no que se refere à formação da CKA. Através desse modelo conclui-se ainda que o aumento da densidade populacional é um fator de risco para cobertura vegetal nativa. Onde há maiores densidade, há também menor grau de conservação de matas e florestas.

c) Esse último estudo visava testar um dos fatores explicativos para existência da CKA, o fator composição. Entretanto, esse não foi confirmado nos testes realizados. Assim sendo conclui-se que, no período estudado, a mudança de atividades de outros setores to PIB para o setor de serviços não apresenta correlação com o grau de degradação, no que se refere à cobertura vegetal nativa.

Enfim, o trabalho buscou apresentar uma contribuição empírica para os estudos relativos à CKA. Entretanto, ainda apresenta problemas metodológicos comuns a quase todos a literatura estudada, o que impossibilita concluir definitivamente sobre qualquer questão relativa a comprovação ou negação da teoria de Kuznets Ambiental.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelsen A, Kaimowitz D. *Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models*. World Bank Research Observer. 1999.

Antle, J. M. and Heidebrink, G. *Environment and development: theory and international evidence*. Economic Development and Cultural Change n° 43, 1995.

ARROW K.; et al. *Economic growth, carrying capacity, and the environment*. Science, 1995. Disponível em: <[rachel.org/files/document](http://rachel.org/files/document)>. Acesso em 29 março 2008.

BARROS, Fábio H. G.; MULLER, Bernardo; NOGUEIRA, Jorge M. *Crescimento Econômico e Meio Ambiente: O Que Está Faltando para Entender o Elo entre Eles?*. 35º Encontro Nacional de Economia, ANPEC, Recife, 2007. Disponível em: <[http://www.anpec.org.br/encontro\\_2007.htm](http://www.anpec.org.br/encontro_2007.htm)>. Acesso em 29 março 2008.

\_\_\_\_\_. *Poverty and Environmental Degradation: the Kuznets Environmental Curve for the Brazilian Case*. Department of Economics Working Paper 267 University of Brasilia, December, 2002

BATEMAN, I & TUNER, R. K. *Valuation of the Environment, Methods and Technics: The Contingent Valuation Method*. in: TUNER, R. Terry, sustainable Environmental Economics and Management. Principles and Practice. Londres, 1992.

FONSECA, Larissa N.; RIBEIRO, Eduardo P. *Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil*. VIII Encontro de Economia da Região Sul - ANPEC SUL, 2005.

GROSSMAN, G.M.; KRUEGER, A.B. *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research Working Paper 3914, NBER, Cambridge, MA, 1991. Disponível em: <[www.cepr.org/pubs/dps/DP644.asp](http://www.cepr.org/pubs/dps/DP644.asp)>. Acesso em 18 abril 2008.

\_\_\_\_\_. *Economic Growth and the Environment*. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 110, N. 2, 1995. Disponível em: <<http://links.jstor.org/sici?sici=0033-5533%28199505%29110%3A2%3C353%3AEGATE%3E2.0.CO%3B2-G>> Acesso em 18 abril 2008.

KAMOGAWA, Luiz F. *Crescimento Econômico, Uso dos Recursos Naturais e Degradação Ambiental: Uma Aplicação do Modelo EKC ao Brasil*. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-24032004-145623/>>. Acesso em 29 março 2008.

KOMEN, M.H.; SHELBY G.; HENKE F. *Income and Environmental R&D: Empirical Evidence from OECD Countries*. Environment and Development Economics 2, N. 4, 1997. Disponível em: <<http://classshares.student.usp.ac.fj/EC407/Tutorials/Literature>>. Acesso em 3 maio 2008.

KULH, T. V; ARRAES, R.A. *Environmental Protection and Economic Growth*. 32º Encontro Nacional de Economia, ANPEC, João Pessoa, 2004. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2004>>. Acesso em 29 março 2008.

KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, v.45, p.1-28. 1995

LEONARD, Joffrey R. *Meio Ambiente e Pobreza: Estratégia para uma Agenda Comum*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar ed., 1992.

MALTHUS, T.R. *Principles of economics*. London, J.Murray, 1826. Disponível em: <<http://books.google.com.br>>. Acesso em 10 maio 2008.

MANKIW, N. Gregory. *Introdução a economia: princípios de micro e macroeconomia*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MUNASINGHE, M. An Overview of Environmental Impacts of Macroeconomic and Sectoral Policies, in: M. Munasinghe (ed.), *Environmental Impacts of Macroeconomic and Sectoral Policies*, Washington DC: World Bank, p. 1-14. 1996.

PANAYOTOU, T. *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Technology and Employment Programme*. International Labour Office, Geneva, v.238, 1993. Disponível em: <<http://www.inomics.com/cgi/repec?handle=RePEc:ilo:ilaoep>>. Acesso em 11 março 2008.

\_\_\_\_\_. *Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*, In: Ahmed and J.<sup>a</sup> Doeleman, eds., *Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World*, London: MacMillan, 1995.

\_\_\_\_\_. *Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool*. *Environment and Development Economics*, v. 2, n. 4, 1997. Disponível em: <<http://www.cid.harvard.edu/archive>>. Acesso em 10 maio 2008.

\_\_\_\_\_. *Economic Growth and the Environment*. Center for International Development at Harvard University Working Paper 56, Harvard University, 2000.

SELDEN, T.M.; SONG, D. *Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for Air Pollution?*, *Journal of Environmental Economics and Management*, v.27, p. 147-162, Oslo, 1994. Disponível em: <<http://www.oekonomi.uio.no/memo/memopdf/memo0402.pdf>>. Acesso em 10 maio 2008.

SHAFIK, N., *Economic Development and the Environmental Quality: An Econometric Analysis*, *Oxford Economic Papers*, 1994.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S.. *Economic Growth and Environmental Resources*, *Journal of Environmental Economics and Management* 4, 1-24, 1977.

STIGLITZ, Joseph E.; WALSH, Carl E. *Introdução à Macroeconomia*. Tradução [da 3.Ed. original] Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

STRAND, Jon. *Environmental Kuznets curves: Empirical relationships between environmental quality and economic development*. Department of Economics University of Oslo, Noruega, 2002.

OLIVEIRA, Livio L. S. *A conexão entre capital natural e crescimento econômico: uma aplicação com dados de painel para os municípios do Rio Grande do Sul*. Anais, IX Encontro Regional de Economia, 2004. Disponível em: <[http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/ETENE/Anais/gerados/anais\\_encontro\\_2004.asp](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/ETENE/Anais/gerados/anais_encontro_2004.asp)>. Acesso em 18 maio 2008.

ONU. *Our Common Future*. UN Documents Cooperation Circles, Cap 2, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>>. Acesso em 18 maio 2008.

VAN, P. N.; AZOMAHOU T. *Déforestation, croissance économique et population. Une étude sur données de panel*, Strasbourg, 2002. Disponível em: <<http://cournot2.u-strasbg.fr/users/beta0/publications//2005/2005-02.pdf>>. Acesso em 18 maio 2008.

VARIAN, H. *Microeconomia: Princípios Básicos*, 2a Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

## ANEXO I

AUTOR E INDICADOR	VARIÁVEL DEPENDENTE	TIPO DE RELAÇÃO	PONTO REVERSÃO	OBSERVAÇÕES
Shafik & Bandyopadhyay (1992) GDP/per US\$ 1985 ppp	Taxa anual de desmatamento	Quadrática U-invertido	2000	Amostra com 149 países no período de 1960 a 1990
Panayotou (1993) GDP/per US\$ 1985	Taxa anual de desmatamento	Quadrática U-invertido	1200	-
Shafik (1994) GDP/per US\$ 1985 ppp Time series	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa anual de desmatamento</li> <li>Desmatamento total</li> </ul>	Quadrática U-invertido	<ul style="list-style-type: none"> <li>1375</li> <li>11500</li> </ul>	Data of the World Bank (WDR 1992, environmental data appendix)
Cropper and Griffiths (1994) GDP/per US\$ 1985 <ul style="list-style-type: none"> <li>Preço da madeira</li> <li>Densidade da população rural</li> </ul>	Taxa anual de desmatamento	Quadrática U-invertido	<ul style="list-style-type: none"> <li>4760</li> <li>5420</li> </ul>	64 países na amostra. Período observado entre 1961 e 1991. dados da FAO.
Kazuki (1995) GDP/per. Yen 70	Desmatamento	Quadrática U-invertido	446 \$70	Yen convertido para dólar.
Antle and Heidebrink (1995) GDP/per US\$ 1985	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desmatamento</li> <li>Aflorestação</li> <li>Área total com florestas</li> </ul>	Quadrática U-invertido		Dados do World Development Report 1987, Environmental
Bhattarai & Hammig (2000) GDP/per US\$ 1998 ppp	Desmatamento	Quadrática U-invertido	6800	Dados do FAO, WRI e UNEP para 1980, 1990 e 1995. Dados de renda provenientes do Penn World Tables, do Summers and Heston (1991).

Fonte: Panayotou (2000)