

# Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial

Ronaldo de Albuquerque e Arraes<sup>1</sup>, Francisca Zilania Mariano<sup>2</sup> e Andrei Gomes Simonassi<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho busca prover algumas respostas a questões persistentes nas agendas de pesquisadores do meio ambiente sobre o desmatamento no Brasil, notadamente na região amazônica, cuja taxa de devastação florestal recente ultrapassa uma área de 20.000 km<sup>2</sup> por ano. Objetiva-se testar a eficácia da ação de órgãos públicos fiscalizadores, bem como os efeitos de fatores socioeconômicos sobre as causas do desmatamento. Inicialmente, comparam-se as taxas de desmatamento acumuladas em 749 municípios da Amazônia Legal com as taxas de desmatamento de 130 países ao longo do período 1988-2002. Ipeadata, IBGE e Inpe forneceram as informações sobre as características político-socioeconômicas e ambientais dos municípios. A partir de três níveis ordenados de desmatamento com observações mundiais fornecidas pelo *World Development Indicators – WDI* (2006) do Banco Mundial, referentes à ordenação dos graus de desenvolvimento dos países, a aplicação de um modelo de escolha discreta multinomial ordenado permitiu extrair as seguintes conclusões: a presença de um órgão ambiental oficial em cada município é eficaz na redução do desmatamento, tornando os níveis de desmatamento equiparados aos níveis dos países desenvolvidos. Aumento do nível educacional, redução da desigualdade de renda e o cumprimento de leis regulatórias para delimitar a expansão da fronteira agropecuária são ações igualmente relevantes para conter o desmatamento da região.

**Palavras-chaves:** desmatamento no Brasil, Amazônia, contexto mundial, desenvolvimento econômico.

**Abstract:** *This paper aims to contribute to the environment literature by providing some answers to the worldwide researchers' agenda concerning the deforestation in the Brazilian Amazon, whose average rate in recent years is over 20.000 km<sup>2</sup> per year. The main purpose is to test the effectiveness of surveillance action of public entities, as well as the effects of socioeconomic factors on the deforestation of the Amazon region. Initially, the deforestation of 749 municipalities of Legal Amazon is compared with 130 selected countries along*

---

<sup>1</sup> Professor do curso de pós-graduação em Economia do Caen/UFC. E-mail: ronald@ufc.br

<sup>2</sup> Doutoranda do Caen/UFC E-mail: ainaliz@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Professor do curso de pós-graduação em Economia do Caen/UFC. E-mail: agsimonassi@gmail.com

*the period 1988-2002. Ipeadata, IBGE and Inpe supplied the information on the political-social-economic and environmental characteristics of the municipalities. Based upon three orderly levels of deforestation with world observations provided by World Development Indicators - WDI (2006) of the World Bank, the application of a discrete choice ordered multinomial model allowed to infer the following conclusions: the presence of an environmental government representation in the municipalities is effective to reduce the deforestation rate in the Amazon region turning it comparable to the average of developed countries. Likewise, increasing education level, reducing income inequality and executing regulation laws to delimit the expansion of the agriculture and cattle ranching border are actions equally relevant to lower the deforestation of the region.*

**Key-words:** *Deforestation in Brazilian, Amazon, worldwide deforestation, economic development.*

**Classificação JEL:** Q23, Q28.

## 1. Introdução

A redução dos tamanhos das florestas naturais em todo o mundo tem ocorrido como resultado, principalmente, de incêndios, corte de árvores para propósitos comerciais, devastação de terras para utilização da agropecuária, ou até fenômenos naturais. Ao longo da história, indivíduos têm sempre se beneficiado da remoção de árvores para usos diversos como fonte de energia, construções de habitações e tornar terra disponível para agricultura. Em muitos aspectos, os desmatamentos que ocorrem atualmente em regiões tropicais não são significativamente diferentes dos que ocorreram em regiões temperadas séculos atrás. Recentemente, o comércio de madeira em países desenvolvidos tem sido uma atividade sustentável, embora o mesmo possa não ocorrer em países em desenvolvimento. Segundo Castro (2005), a exploração de madeiras na Amazônia brasileira foi responsável pelo desaparecimento de espécies de árvores que produziam madeiras nobres, tais como: mogno, acapu e virola.

Desde o início da década de 70, altas taxas de desmatamento vêm sendo observadas na Amazônia. Em 1995, a taxa de desmatamento atingiu seu maior nível e, após esse ano, a taxa vem apresentando diferentes oscilações decorrentes de diversas causas, tais como incêndios, comércio de madeiras, expansão de

atividade agropecuária, aumento da densidade populacional e incentivos fiscais. Ainda como extensão da consequência, a degradação contribui para a perda de biodiversidade, redução da ciclagem de água e para o aquecimento global, principalmente através das queimadas, ao emitir gases que contribuem para acelerar o processo do efeito estufa.

De acordo com a projeção realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (Inpe), o desmatamento na Amazônia Legal<sup>4</sup> cresce a um ritmo de mais de 20.000 km<sup>2</sup> por ano. Entre 2003 e 2004 o desmatamento atingiu uma área de 27.423 km<sup>2</sup>, superado apenas pelo ocorrido em 1995 com uma devastação de 29.059 km<sup>2</sup>. O território desmatado acumulou, de 1988 até 2008, o total de 354.261 km<sup>2</sup>. Identificar as causas para a ocorrência desse elevado volume de desmatamento em período recente no Brasil, além de permitir a simulação de cenários comparativos dessa ocorrência com as verificadas nos países que apresentam florestas em sua área geográfica, constitui o problema a ser focado neste trabalho.

A persistência na ocorrência desses problemas torna relevante a manutenção de debates sobre as causas e os fatores relacionados ao desmatamento no Brasil, detentor da maior floresta mundial,

---

<sup>4</sup> A Amazônia legal é formada pelos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Rondônia, Roraima, Pará, Mato Grosso, Tocantins e parte do Maranhão.

visto que são vastos os trabalhos encontrados na literatura que se complementam quanto às causas da degradação ambiental, entre elas, a busca pelo crescimento econômico como uma das principais causas de cunho macroeconômico da degradação ambiental (LOPEZ, 1992; SACHS e WARNER, 1997; STOKEY, 1998), a construção de estradas (PFAFF, 1997; SHERRIL, 1999; SOARES et al., 2005), a pecuária em larga escala (MARGULIS, 2003; CASTRO, 2005), a expansão da fronteira agrícola (JARAMILLO e KELLY, 1999; CASTRO, 2005) e a densidade populacional (PFAFF, 1997; SCRIECIU, 2007; IGLIORI, 2008). Nesse sentido, combinar as causas no amplo campo político-socioeconômico e contextualizar o ordenamento dos níveis de desmatamento no Brasil com o resto do mundo realça a relevância e contribuição do estudo para a literatura.

Uma das principais soluções a serem adotadas para a preservação do meio ambiente tem sido direcionada com base na implantação de políticas que visem o desenvolvimento sustentável, através do fortalecimento do comércio de carbono (CHOMITZ, 2007; FEIJÓ e PORTO JR., 2008), assim como o estabelecimento de uma ampla e eficaz governança em relação à fiscalização e à regulação dos desmatamentos na floresta amazônica (SHERRIL, 1999; BORGES e IWANAGA, 2007; CHOMITZ, 2007).

Como resultado das falhas governamentais e de mercado é aceito mundialmente que as atuais taxas de desmatamento das florestas, principalmente as tropicais, são excessivas. Neste sentido, a conservação de florestas tropicais envolve elevados custos de oportunidades decorrentes das privações de benefícios pelo comércio de madeira e o subsequente retorno à agricultura. Cabe questionar se haveria um estoque ótimo, ou minimamente satisfatório, de floresta que um país deveria proteger para o futuro.

Este trabalho procura contribuir com a literatura ao fornecer algumas respostas ao debate mundial sobre a degradação ambiental no Brasil, notadamente na região amazônica, através da formulação de um modelo com aplicação empírica que agregue os possíveis

fatores político-socioeconômicos e demográficos determinantes do desmatamento nessa região. Além disso, objetiva-se determinar os efeitos de fatores socioeconômicos, bem como a eficácia da ação governamental sobre o desmatamento e estabelecer cenários probabilísticos de comparações com o verificado em países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

Em sequência, o artigo está organizado com as seguintes seções: aspectos teóricos e empíricos da literatura sobre crescimento e desenvolvimento; as causas do desmatamento; a abordagem metodológica; resultados; conclusões.

## 2. Crescimento e desenvolvimento sustentável

### 2.1. Crescimento

A relação entre crescimento econômico e desigualdade de renda tem sido um tópico debatido em pesquisas econômicas recentes. A experiência contrastante após a segunda grande guerra entre alguns países da América Latina, os quais detinham uma elevada concentração de renda e crescimento econômico de longo prazo, e alguns países da Ásia, que apresentavam baixa desigualdade de renda e alto crescimento econômico, acirraram os debates sobre a relação inversa entre desigualdade de renda e crescimento econômico. Muitos trabalhos empíricos envolvendo países, tais como: Persson e Tabelini (1994) e Alesina e Rodrick (1994), têm apoiado tal relação. Por outro lado, outros estudos contradizem isso ao obter uma relação direta (FORBES, 2000). Recentemente, tem-se buscado uma explicação alternativa via relação entre distribuição inicial de renda e crescimento econômico de longo prazo, tendo como proposição a curva de Kuznets formatada em U-invertido (CHEN, 2003).

Não obstante essas controvérsias quanto à relação do crescimento com determinadas variáveis, duas questões parecem consensuais. A primeira delas é que uma economia em crescimento é desejável devido aos seus efeitos,

sociais e econômicos, positivos em termos de bem-estar, o que se traduz muitas vezes em melhoras de indicadores ambientais (e.g. aumento da oferta de amenidades ambientais – água potável, coleta de lixo, entre outros). A segunda delas diz respeito à conexão entre pobreza e meio ambiente e que se manifesta sob os seguintes aspectos:

1. Para países pobres, muitos problemas ambientais são conectados à pobreza;
2. Países pobres exercem maior pressão sobre sua base de recursos naturais com repercussões ambientais imediatas;
3. Indivíduos mais ricos, com maior estoque de capital humano e capital social, atingem uma consciência ambiental e, por isso, exercem maior demanda por controle da poluição;
4. Crescimento populacional decresce com o crescimento da renda (GOODSTEIN, 1999).

Todavia, quando o prisma volta-se à qualidade do meio ambiente, a questão relativa ao crescimento, definitivamente, não é consensual. Alguns pesquisadores como Georgescu-Roegen (1971) e Hall et al. (1986) lançaram inicialmente a hipótese de que quanto maior o nível de renda de um país, maior seria a degradação ambiental. Por outro lado, outros, como Lopez (1992), Beckerman (1993) e, segundo o relatório “Nosso futuro comum (1991)”, países com maiores níveis de renda tenderiam a reduzir a degradação ambiental, e são taxativos ao afirmar que a maneira mais certa de um país melhorar a qualidade do meio ambiente no longo prazo é tornar-se rico.

Em vista dessas discussões, um ponto polêmico inevitável seria se a relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental se comporta de forma estritamente monotônica ou não. Ou, ainda, se o crescimento econômico é parte da solução ou a causa dos problemas ambientais. É plausível pensar que a qualidade ambiental se deteriore a cada unidade de produto produzido. Porém, resta saber se não haveria

declínio do índice de deterioração ambiental a partir de determinado nível elevado de renda.

Uma controvérsia acentuada sobre crescimento econômico e proteção ambiental foi gerada pela evidência empírica sugerida por Grossman e Krueger (1995, 1996), onde a relação entre PIB per capita e emissão de poluentes toma a forma de um U-invertido, sendo esta denominada de curva ambiental de Kuznets. A explicação teórica para essa relação é que, inicialmente, o desmatamento é considerado a força motriz para o crescimento econômico e, quando o nível de renda aumenta, os indivíduos tendem a demandar mais das amenidades e benefícios associados às florestas naturais. Assim, quando os indivíduos elevam seu bem-estar, atinge-se um estágio onde a demanda por tais amenidades excede o desejo de permitir o desmatamento para o desenvolvimento econômico. O motivo da variação da curva de Kuznets entre os estudos é devido às diferenças nas especificações dos modelos empíricos e definição de desmatamento. Santos et al. (2008) investigam se a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CAK) é verdadeira para os 782 municípios da Amazônia Legal brasileira entre os anos 2000 e 2004 através de três diferentes formas funcionais encontradas na literatura e afirmam que a hipótese para a CAK é atendida.

Uma questão a ser realçada por tal fato estilizado é se o crescimento econômico gera, por si só, uma proteção automática ao meio ambiente. Tal questionamento encontra resposta afirmativa para aqueles que sugerem que a política de crescimento é sempre a melhor a ser seguida, tal como comprovam Jorgenson e Wilcoxon (1990) e Hazilla e Kopp (1990). Por outro lado, essa questão é rebatida por diversos trabalhos, por exemplo, Margulis (1992), El Serafy e Goodland (1996) e Clark (1996), que consideram que o crescimento econômico segue uma conduta indiscriminada com relação à proteção do meio ambiente, prescrevendo a necessidade de intervenção governamental direta pela tributação do uso dos recursos naturais a fim de proteger o meio ambiente.

## 2.2. *Desenvolvimento sustentável*

atingir níveis mais elevados de desenvolvimento é o principal objetivo de qualquer país. Não obstante, os meios utilizados nessa trajetória podem trazer danos de difícil reversão às sociedades presente e futura do País, notadamente aqueles de cunho social e ambiental. Em vista disso, os processos e políticas de crescimento econômico têm se baseado no desenvolvimento sustentável.<sup>5</sup> Para esse novo modelo de desenvolvimento, o crescimento econômico é uma condição necessária, mas não suficiente para atingir o desenvolvimento. Faz-se necessário que haja uma combinação entre a produção econômica e a capacidade de abastecimento da natureza, juntamente com uma melhor distribuição do crescimento, buscando erradicar a pobreza e atender as necessidades básicas dos indivíduos, como alimentação, saúde, educação, energia e saneamento.

As políticas de desenvolvimento aplicadas à Amazônia Brasileira desde a década de 60 foram de caráter puramente econômico, visando apenas o crescimento da economia e a ocupação do imenso território ainda pouco habitado, sem nenhuma forma eficiente de planejamento que visasse alcançar o desenvolvimento sem prejudicar as gerações futuras e a preservação das florestas. Essa forma de política desenvolvimentista tradicional tornou-se imprópria para a região amazônica, e a única solução viável para controlar as altas taxas de desmatamento seria através do desenvolvimento moderno baseado na sustentabilidade.

Castro (2007, p. 91) define desenvolvimento sustentável na Amazônia como “um modelo de produção e ocupação da região que minimize os

impactos ambientais negativos e o desperdício de recursos; respeite os climas e as populações locais; desenvolva e explore racionalmente as riquezas existentes”. E isto pode ser alcançado, uma vez que a Amazônia tem um potencial enorme para o desenvolvimento sustentável baseado no desenvolvimento da sua vocação florestal e pela intensificação da agricultura e recuperação florestal nas áreas já abertas. Para que isso ocorra, fazem-se necessárias políticas criativas que combinem alta produtividade da terra e uso intensivo de mão de obra qualificada. Essa forma de ocupação permite um adensamento populacional que minimiza os aspectos ambientais negativos, abrindo espaço para a realização de outros projetos importantes para a região. Além disso, é de grande relevância uma coerente ação por parte do Estado, uma vez que o reconhecimento dos direitos de propriedades pode enfraquecer suas ações. Portanto, reforçar a presença do Estado, mobilizar a sociedade e assumir o planejamento como instrumento prioritário são tarefas imprescindíveis para alcançar tal desenvolvimento.

Na próxima seção discutem-se os fatores causais do desmatamento na literatura que servirão de base para se testar e mensurar seus efeitos sobre o desmatamento da Amazônia através da formulação do modelo empírico, especificado de forma a estabelecer um comparativo ordenado com os países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

## 3. Causas do desmatamento

As causas do desmatamento tropical são complexas e ainda não completamente compreendidas. A identificação dessas causas pode ser afetada por inúmeros fatores, como a baixa qualidade dos dados, a abordagem metodológica (normativa, positiva, estatística, estrutural), nível de análise (local, nacional, entre países), distinção entre desmatamento e expansão da fronteira agrícola e identificação de áreas próprias para extração de madeira.

Geist e Lambin (2001) afirmam que as causas dos desmatamentos nas florestas tropicais não

<sup>5</sup> Definido no Relatório Nosso Futuro Comum da “Brundtland Commission” (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento), em 1987, como “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”.

podem ser reduzidas a uma única variável pelo contrário, existem combinações de vários fatores que favorecem a degradação ambiental, tais como: a interação entre a expansão agrícola, o comércio de madeiras, crescimento populacional e a construção de estradas, governança pública, e que podem interagir de maneira diferente, dependendo da dinâmica temporal e espacial de cada região.

Devido a esses múltiplos e complexos fatores que acarretam em desmatamento nas florestas tropicais, torna-se difícil desenvolver políticas de cunho universal que busquem controlar esse processo (FOLMER e KOOTEN, 2006). Scriciu (2004) investiga as causas dos desmatamentos nas florestas tropicais através de uma regressão global entre 50 países durante um período de 18 anos e mostra que existem várias deficiências associadas aos modelos de regressão universal, uma vez que os processos de desmatamento diferem de um nível local para um nível global e dependem das situações específicas de cada país. Ele sugere que as causas dos desmatamentos são difíceis de ser identificadas e quantificadas em níveis mundiais e devem ser analisadas de forma mais desagregada, posição esta também compartilhada por Geist e Lambin (2001) e Folmer e Kooten (2006). Por isso, alguns dos fatores principais têm sido questionados através de: comércio de madeira, expansão da fronteira agropecuária, distribuição de renda e governança (ALGELSEN e KAIMOWITZ, 1999).

### 3.1. Densidade populacional

O efeito do crescimento e densidade populacional na taxa de desmatamento ainda é dúvida ou pouco explorado na literatura em vista das distintas abordagens apresentadas. Em um grupo, há autores que defendem a hipótese neomalthusiana por encontrarem evidências de uma relação positiva entre população e desmatamento, assumindo que o crescimento populacional contribui para expansão da fronteira agrícola (SCRIECIU, 2007)<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> O autor desconsidera a possibilidade real para alguns países da necessidade de realizarem desmatamentos para fins energéticos.

Pfaff (1997), ao analisar os determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira para o período de 1970 a 1988, considerando a densidade populacional, construção de estradas, crédito e a qualidade do solo como variáveis de controle, concluiu que o aumento da densidade rodoviária e a qualidade do solo estão associados a maiores desmatamentos. Referente à densidade populacional, o autor mostra, através de um modelo econométrico, que as primeiras pessoas a entrarem em um município terão mais impacto sobre o desmatamento que o mesmo número de pessoas adicionais a um município já densamente povoado, o que sugere a importância da distribuição espacial da população. Já Iglioni (2008) enfatiza os efeitos da aglomeração, representada pela densidade populacional sobre a Amazônia Brasileira ao longo do período de 1985 a 1995, e que resulta em um *trade-off* entre desmatamento e crescimento econômico, uma vez que elementos responsáveis por impulsionar a rentabilidade agrícola são geralmente reivindicados como fontes de desmatamento.

Em um segundo grupo, estudos que apresentam uma visão mais otimista do problema sustentam que o aumento da densidade populacional reduz a erosão da terra e aumento de florestas, e que a escassez de madeira leva ao crescimento de atividades florestais (TIFFEN e MORTIMORE, 1994). Similarmente, Cropper e Griffiths (1994) verificam que tanto crescimento quanto densidade populacional não afeta desmatamentos. Para Angelsen e Kaimowitz (1999), a indefinição do efeito populacional se origina, primariamente, devido à falta de identificação da direção de causalidade.

### 3.2. Expansão da fronteira agropecuária

Os desmatamentos são primariamente causados pela necessidade de se transformar florestas em terras para atividades agropecuárias. Isso tem ocorrido principalmente em regiões da África e América do Sul. Entretanto, há que se distinguir os processos desta conversão, que

podem ser conduzidas por agricultores de transição, desbravadores de florestas<sup>7</sup> ou por outras inúmeras possibilidades intermediárias<sup>8</sup>. No primeiro processo, agricultores desmatam a floresta, cultivam a terra apenas por um curto ou médio período de tempo, deixando a terra se restaurar ao estado natural de floresta. No segundo processo, por outro lado, o desmatamento é feito com a intenção de se estabelecer permanentemente atividades agropecuárias (MYERS, 1991; NAIDOO, 2004).

Margulis (2003) e Castro (2005) concebem a pecuária como a principal atividade responsável pela maior parte do desmatamento, enfatizando que a pecuária de média e grande escala, por ser altamente rentável do ponto de vista privado, apresenta taxas de retornos superiores às da pecuária tradicional. Nesse sentido, existe a idéia de que a pecuária está ligada às práticas de desenvolvimento da região amazônica, gerando ganhos para a economia brasileira com a diminuição do preço da carne no mercado nacional e, aliado ao aumento das exportações, proporcionam benefícios sociais. Entretanto, para Margulis (2003), esses benefícios são menores do que as perdas ambientais, uma vez que a ocupação para a pecuária responde em cerca de 75% dos desmatamentos e, que no período de 1970 a 1995, realmente houve um crescimento significativo da renda regional. Contudo, os indicadores sociais e econômicos regionais mostraram que a maior parcela da renda originou-se nas áreas urbanas e não nos setores rurais; com isso, as melhorias nas condições sociais não estariam intimamente ligadas aos desmatamentos propiciados pela pecuária, argumento compartilhado por Ferreira et al. (2005).

<sup>7</sup> O termo aqui aplicado se refere àqueles indivíduos, além de agricultores e pecuaristas, que se instalam de forma permanente em áreas de florestas para desenvolver atividades agropecuárias permanentes.

<sup>8</sup> Um exemplo seriam os denominados ribeirinhos na Amazônia brasileira, cuja atividade nas florestas é predominantemente de subsistência, sem causar danos significativos ao meio ambiente com suas atividades agrícolas (RIVAS et al., 2007).

### 3.3. Políticas Públicas

Políticas públicas ou “falhas governamentais” são geralmente indutoras mais importantes para o desmatamento do que “falhas de mercado”. Mendelsohn (1994) demonstra que políticas governamentais, sejam deliberadas ou inadvertidas, podem resultar em desmatamento ao custo de redução do bem-estar da sociedade. As formas principais de falhas de políticas incluem as seguintes:

1. subsídios diretos para devastar florestas;
2. criação e proteção de uma ineficiente indústria florestal doméstica;
3. subsídios a pecuaristas para gerar saldo na balança comercial;
4. impostos e créditos facilitados;
5. isenção de impostos na renda agrícola;
6. crédito agrícola subsidiado;
7. regras sobre alocação de terras públicas que favorecem latifundiários, ou requerimento de benfeitorias nas terras para demonstrar sua posse;
8. políticas de migração (BINSWANGER, 1989).

Para uma economia de mercado funcionar adequadamente deveria haver, além dos direitos de propriedade, instituições que permitam mudanças de políticas quando necessárias. Em tese, os governos deveriam garantir os direitos de propriedade, prover um satisfatório nível de bens públicos e serem administrados por burocratas competentes e incorruptíveis. Em países em desenvolvimento são observadas irregularidades institucionais que reduzem o desenvolvimento econômico sustentável e o bem-estar da população, tais como: as agências reguladoras protegem entrada no mercado; o poder judiciário resolve, em geral, disputas judiciais de forma arbitrária; políticos usam propriedades do governo para beneficiar classes de apoiadores ao invés da população como um todo. Consequentemente, desmatamentos ilegais são comuns nesses países (LA PORTA et al., 1999; FUKUYAMA, 2002).

No Brasil, o tipo de política adotada na região amazônica no início da década de 60

era de caráter desenvolvimentista, através de programas de desenvolvimento que visavam integrar a Amazônia ao resto do País. Com isso, houve incentivos para indivíduos migrarem para a região, concessão de crédito com taxas de juros negativos e, principalmente, o governo concedia benefícios fiscais atraentes aos empresários que se dispusessem a implantar estabelecimentos agrícolas na região. Isso levou ao aumento populacional e contribuiu para acelerar o desmatamento na Amazônia.

Com o objetivo de analisar o impacto desse tipo de política sobre o desmatamento durante o período de 1970-1985, Andersen e Reis (1997) mostraram que o aumento do desmatamento de 9,6 milhões de hectares pode ser atribuído às agressivas políticas de desenvolvimento, sendo 72% explicados pela construção de estradas e 28%, por créditos subsidiados. Na década de 90, as políticas destinadas à Amazônia não visavam mais a ocupação e a integração, porém, as taxas de desmatamento observadas nesta região continuavam alarmantes. A fim de se verificar a eficácia das políticas de “boa governança” proposta pelo governo, Godoy (2004) analisou os resultados obtidos pelo plano plurianual nesse período e concluiu que para alcançar um desenvolvimento sustentável é necessário, em primeiro lugar, erradicar a pobreza.

Uma das soluções apontadas por Chomitz (2007) para conter os desmatamentos seria a melhoria da governança florestal, buscando equilibrar interesses entre grupos, melhores monitoramentos públicos, regular os direitos de propriedade, regulamentar a exploração de florestas públicas e privadas. Nesse mesmo sentido, Sherrill (1999) e Soares (2005) estabeleceram um modelo de simulação espacial de desmatamento em toda a bacia amazônica, sensível a diferentes cenários de políticas públicas. A tendência prevista de desmatamento para o cenário “mesmo de sempre” levaria a uma perda de mais de 50% dos atuais 3,3 milhões de km<sup>2</sup> da Amazônia brasileira, porém, em um cenário de “ampla governança”, esse quadro poderia se reverter, reduzindo o desmatamento previsto em até 62%.

#### 4. Metodologia

Com o propósito de atender aos objetivos propostos, optou-se por uma estrutura metodológica através da formulação de um modelo econométrico de escolha discreta policotômica ordenado. A adequação na escolha de um modelo multinomial ordenado é justificada pelo objetivo de buscar determinar níveis de desmatamento no Brasil comparados com os observados em outros países, estes classificados nas três possíveis categorias de desenvolvimento, quais sejam, desenvolvido, em desenvolvimento e subdesenvolvido.

O modelo é especificado a partir de uma relação linear entre uma variável latente contínua  $Y$  e um vetor de regressores, o qual assume a seguinte forma geral:

$$Y = \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon = \beta' X + \varepsilon \quad (1)$$

Onde  $Y$  representa a taxa de desmatamento acumulada, no período de 1988 a 2002, com a seguinte formatação:  $Y_i = j$  se  $\theta_{j-1} < Y_i^* < \theta_j$ , ou seja,

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{se } Y^* \leq \theta_1 \\ 2, & \text{se } \theta_1 < Y^* \leq \theta_2 \\ 3, & \text{se } Y^* > \theta_2 \end{cases} \quad (2)$$

$\beta$  é um vetor de parâmetros;  $X$ , um vetor de variáveis explicativas e  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

O critério adotado para estabelecer os limites dos intervalos das taxas de desmatamento em (2) teve por base o grau de desenvolvimento dos países, medido a partir do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). De acordo com o Relatório de Desenvolvimento Humano (2007/2008), os países são classificados em três grupos de desenvolvimento: elevado (IDH  $\geq$  0,8; médio (0,5  $\leq$  IDH  $<$  0,8); baixo (IDH  $<$  0,5).

Para encontrar esses limites, calculou-se a taxa média anual de desmatamento para cada grupo de países; em seguida, computou-se a taxa acumulada para o período de 1988 a 2002. Para o corte dos grupos de países extraiu-se

o IDH dos respectivos países e observou-se a relação existente entre desmatamento e IDH. Os níveis para  $\theta_1$  e  $\theta_2$  foram imputados, conforme mostrado adiante, com base nos dados fornecidos pelo WDI (World Development Indicators, 2006) do Banco Mundial, o qual fornece uma taxa anual média de desmatamento para 151 países. Destes, foram excluídos os países que apresentavam, em sua geografia natural, a maior parte do território dotada de regiões desérticas ou montanhosas, consequentemente, destituídos de florestas.

Inicialmente constatou-se existir uma relação inversa entre IDH e desmatamento, ou seja, países com elevados IDH tendem a possuir menores taxas de desmatamento. Através da estimação de uma equação de regressão envolvendo essas duas variáveis, constatou-se haver entre elas uma correlação negativa e significativa no valor de 63% (Anexo A.1).

Para dar suporte ao critério adotado em utilizar o IDH para estabelecer os limites das taxas de desmatamento nos países e compará-los com as taxas observadas nos municípios da Amazônia Legal, buscou-se também mostrar a relação existente entre a taxa de desmatamento e o IDH nesses municípios. Os resultados (Tabela A2 em anexo) comprovam haver uma correlação negativa e significativa entre desmatamento e IDH para os municípios da Amazônia Legal, indicando que 52% das variações no desmatamento nos municípios são explicados pelas variações no IDH-M, reforçando o argumento aqui utilizado para definir os padrões de desenvolvimento dos países.

Tendo estabelecido o critério para escolha dos limites com base no IDH, o trabalho defronta-se com um problema metodológico quanto à classificação do grau de desenvolvimento dos países. Não há consenso dentro da literatura a esse respeito, uma vez que existem países considerados em desenvolvimento pela CIA (2008) – Central Intelligence Agency, porém, com IDH variando entre elevado e médio, assim como no Relatório de Desenvolvimento Humano (2007/2008), que classifica os países somente pelo IDH, inserindo países considerados desenvolvidos e em desenvolvimento no mesmo grupo de classificação.

Com isso, este trabalho optou por combinar as duas classificações, procurando, assim, comparar as taxas de desmatamento dos municípios da Amazônia Legal com as verificadas nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento com IDH elevado, grupo que se encontra o Brasil, e países que apresentam IDH médio e baixo, inclusive os subdesenvolvidos.

Portanto, os limites dos parâmetros especificados na equação (2) foram estabelecidos a partir do seguinte critério:

- $\theta_1$  – limite superior de desmatamento no período de 1988 a 2002, observados nos países desenvolvidos, cujo valor máximo é 3,45%;
- $\theta_2$  – representa o limite superior da taxa de desmatamento dos países em desenvolvimento que possuem IDH elevado, exclusive o Brasil, cujo valor é 8,85%.

Dadas as especificações dos parâmetros  $\theta_1$  e  $\theta_2$  (ver Tabela A4 em anexo), a equação (2) se torna:

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{se } Y^* \leq 3,45\% \\ 2, & \text{se } 3,45 < Y^* \leq 8,85\% \\ 3, & \text{se } Y > 8,85\% \end{cases} \quad (3)$$

Isso permite a comparação entre os níveis de desmatamento dos municípios da Amazônia Legal com os dos países, indicando que os municípios que apresentarem taxas de desmatamento inferior a 3,45%, entre 3,45% e 8,85%, e acima de 8,85%, serão atribuídos os valores 1, 2 e 3, respectivamente.

Dessa forma, este modelo possibilita estimarem-se probabilidades de Y assumir os valores 1, 2 e 3, as quais, com base na hipótese da distribuição logística<sup>9</sup>, são dadas por:

<sup>9</sup> A literatura econométrica é clara em afirmar que a escolha entre as hipóteses logit e probit, ou qualquer outra alternativa, é uma questão secular, pois testar sobre a melhor distribuição de probabilidade é sempre problemático. Portanto, em termos práticos não há supremacia de uma sobre a outra. (MADDALA, 1983; KENNEDY, 1998; GREENE, 2002; CAMERON e TRIVEDI, 2005).

$$\Pr(Y = 1) = \Pr(\beta'X + \varepsilon \leq \theta_1) = \Pr(\varepsilon \leq \theta_1 - \beta'X) = \Gamma(\theta_1 - \beta'X) = \frac{1}{1 + e^{(\beta'X - \theta_1)}} \quad (4)$$

$$\Pr(Y = 2) = \Pr(\theta_1 - \beta'X < \varepsilon \leq \theta_2 - \beta'X) = \frac{1}{1 + e^{(\beta'X - \theta_2)}} - \frac{1}{1 + e^{(\beta'X - \theta_1)}} \quad (5)$$

$$\Pr(Y = 3) = \Pr(\beta'X + \varepsilon > \theta_2) = \Pr(\varepsilon > \theta_2 - \beta'X) = 1 - \Gamma(\theta_2 - \beta'X) = 1 - \frac{1}{1 + e^{(\beta'X - \theta_2)}} \quad (6)$$

Os efeitos marginais das variáveis, os quais fornecem seus impactos sobre a probabilidade de Y assumir os três níveis de desmatamento, são calculados como seguem:

$$\frac{\partial \Pr(Y = 1)}{\partial x} = \frac{d}{d\beta'x} [\Gamma(\theta_1 - \beta'x)] \frac{\partial \beta'x}{\partial x} = -\Gamma(\theta_1 - \beta'x)\beta \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Pr(Y = 2)}{\partial x} = \frac{d}{d\beta'x} [\Gamma(\theta_2 - \beta'x) - \Gamma(\theta_1 - \beta'x)] \frac{\partial \beta'x}{\partial x} = [\Gamma(\theta_2 - \beta'x) - \Gamma(\theta_1 - \beta'x)]\beta \quad (8)$$

$$\frac{\partial \Pr(Y = 3)}{\partial x} = \frac{d}{d\beta'x} [1 - \Gamma(\theta_2 - \beta'x)] \frac{\partial \beta'x}{\partial x} = \Gamma(\theta_2 - \beta'x)\beta \quad (9)$$

Uma vez que a variável que denota a ação do setor público para medir a eficácia contra a expansão do desmatamento é discreta do tipo binária (ver Quadro 1), o tratamento ao efeito marginal é diferenciado das variáveis contínuas e poderia ser expresso por

Efeito Marginal:

$$\Pr ob [Y = j / \bar{X}; D = 1] - \Pr ob [Y / \bar{X}; D = 0], j = 1, 2, 3 \quad (10)$$

onde  $\bar{X}$  denota os valores predeterminados de todas as variáveis no modelo, os quais são especificados em suas médias. Este efeito mede a mudança na probabilidade prevista.

Partindo do pressuposto que não existe nenhuma teoria dentro da literatura do meio ambiente que indiquem incisivamente quais variáveis devem ser inseridas em um modelo para determinar as causas do desmatamento nas

**Quadro 1.** Descrições das variáveis explicativas.

Variáveis	Descrição
<b>Socioeconômica</b>	
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
Média de Estudo ( <i>estudo</i> )	Fornece a média de anos de estudo observada no município
Taxa de Pobreza ( <i>txpobreza</i> )	Indica a proporção de pobres
Índice de Gini ( <i>gini</i> )	Indica o grau de desigualdade
Renda per capita ( <i>rpe</i> )	Fornece a renda por indivíduo
PIB ( <i>pib</i> )	Produto Interno Bruto do município
PIB agropecuário ( <i>pibagrop</i> )	PIB de atividades agrícola e pecuária
<b>Demográfica</b>	
Densidade Populacional ( <i>poparea</i> )	População dividida pela área
Área ( <i>area</i> )	Área do município (km <sup>2</sup> )
População ( <i>pop</i> )	Total de habitantes do município
<b>Política</b>	
Secretaria Meio Ambiente ( <i>secma</i> )	Variável binária que indica a presença ou não de uma secretaria ou órgão do meio ambiente no município.
<b>Ambiental</b>	
Água ( <i>agua</i> )	Proporção de domicílios com Sistema de Abastecimento de água
Saneamento ( <i>saneam</i> )	Proporção de domicílios com Sistema de Saneamento Sanitário

florestas tropicais (SCRIECIU, 2004), uma vez que esses processos podem diferir de acordo com as especificidades de cada país ou região (GEIST e LAMBIN, 2001; FOLMER e KOOTEN, 2006), foram escolhidas variáveis de características socioeconômicas, demográficas, ambientais e políticas focalizando os municípios da Amazônia Legal, atendendo ao pressuposto de análise local e não global, cujas definições e abreviações estão descritas no Quadro 1.

Essas variáveis foram inseridas no modelo para serem testadas e, posteriormente, selecionadas apenas as que tiverem seus coeficientes significantes para determinação dos níveis de desmatamento. Para tanto, elas foram testadas por categoria<sup>10</sup> e, em seguida, realizadas diversas combinações entre as categorias, de onde resultou a escolha das seguintes variáveis: variação do PIB agropecuário, densidade populacional, IDH-M e a presença de uma secretaria ou órgão do meio ambiente, cuja especificação final da regressão é dada por:

$$Y_i = \beta_{1i} + \beta_{2i} \ln(pibagrop) + \beta_{3i} poparea + \beta_{4i} IDHM + \beta_{5i} secma + \varepsilon \quad (11)$$

A partir das estimativas serão gerados cenários probabilísticos, com base em atribuições a essas variáveis, e feitas previsões sobre os níveis de desmatamento no Brasil, comparados aos dos demais estágios de desenvolvimento dos outros países.

## 5. Resultados e discussão

### 5.1. Descrição da amostra

A amostra resultante foi constituída a partir de características sociais, econômicas, demográficas e políticas de 749 municípios da Amazônia Legal. Essas informações foram extraídas das bases de dados do Ipeadata, IBGE e Inpe, cujas caracterizações dos valores médios das variáveis utilizadas no modelo por estado encontram-se dispostos na Tabela 1.

Observa-se que existe uma desigualdade socioeconômica entre os estados que compõem a Amazônia Legal. O diferencial do IDH-m entre

<sup>10</sup> Ver Tabela A3 em anexo.

Tabela 1. Caracterização da amostra por estado da Amazônia Legal – 1988 a 2002.

Estados	Desmatamento (%)	Variação do PIB agropecuário (%)	Densidade Populacional	IDH-M	Secretaria do meio ambiente (%)
Acre	22,4	7,93	4,54	0,62	54,54
Amazonas	4,3	8,69	4,61	0,61	70,96
Pará	47,46	9,92	48,66	0,67	44,75
Amapá	0,47	8,33	7,71	0,69	87,5
Rondônia	52,39	9,51	8,08	0,7	34,61
Roraima	5,01	7,74	3,47	0,67	53,33
Tocantins	22,26	7,50	7,06	0,66	20,14
Maranhão	53,21	8,53	36,54	0,58	31,81
Mato Grosso	28,89	9,70	6,90	0,73	53,96
Amazônia Legal	35,28	8,65	21,54	0,65	50,17

os estados chega a quase 20% se comparados os estados de Mato Grosso e Maranhão. Além disso, este último estado possui a maior taxa de desmatamento e o menor índice de desenvolvimento humano.

Em relação à presença de uma secretaria do meio ambiente, o estado do Tocantins congregou a menor proporção de municípios dotados de um órgão fiscalizador, com um diferencial de 300% em relação ao Amapá, estado mais bem assistido, proporcionalmente, com órgãos de meio ambiente. Em média, a Amazônia Legal possui apenas 50% dos municípios que apresentam um órgão de fiscalização ambiental.

Referente à densidade populacional observada nos estados da Amazônia, existe um diferencial de 93% se comparados os estados de Roraima e Pará e, relacionando com o desmatamento nestes estados, pode-se observar que este último possui a segunda maior taxa de desmatamento, enquanto Roraima apresenta uma das menores taxas. O estado do Maranhão também apresentou uma elevada densidade populacional e a maior taxa de desmatamento. Além disso, observa-se que a maior variação no PIB agropecuário está associada a maiores taxas de desmatamento, indicando que atividades agrícolas e pecuárias tendem a contribuir para a degradação ambiental.

## 5.2. Resultados da estimação

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da estimação do modelo (equação (11)), cujos coeficientes foram estimados de forma robusta, implicando, com isso, que sua matriz de variância-covariância foi corrigida com base em erro da regressão robusto<sup>11</sup>. As variáveis selecionadas apresentaram os coeficientes estatisticamente significantes ao nível de no máximo 1%, exceção da variável IDHm com p-valor de 6,4%, permitindo, como decorrência, que previsões probabilísticas confiáveis sejam geradas a partir do modelo estimado. Comprovou-se a significância da regressão, expressa pelo teste de Wald através da estatística  $\chi^2$ , cujo nível de significância do valor-p próximo a zero rejeita a hipótese de que todos os coeficientes da regressão sejam iguais a zero. Os sinais dos coeficientes estão de acordo com a expectativa teórica, com destaque para o efeito redutor do desmatamento advindo da presença de um órgão de fiscalização ambiental, variável política chave na determinação das taxas de desmatamento.

<sup>11</sup> A estimação foi feita através do STATA9.0, utilizando-se a rotina *ologit* com a opção *robust*, cujo procedimento provê robustez do erro, corrigindo-o para eventuais problemas de heterocedasticidade, já que trata-se de dados em *cross-section* (LONG e FREESE, 2006).

Tendo em vista a variedade de proposições para o cálculo de pseudos- $R^2$  como medida de ajustamento em modelos com variável dependente limitada, alguns autores, tais como Veall e Zimmermann Klaus (1996) e Cameron e Trivedi (2005), defendem que a abordagem correta para uma escolha é simplesmente aquela que forneça um resultado tão comparável quanto possível para obtenção do  $R^2$  em regressões que utilizam o método dos mínimos quadrados. Ao conduzirem experimento de Monte Carlo, os primeiros autores citados comprovam que, para modelos probit ou logit ordenado, o pseudo- $R^2$  de Mckelvey e Zanoia, denominado  $R^2_{MZ}$ , é o que mais se aproxima dos mínimos quadrados, além da vantagem de incorporar em seu cálculo as variâncias dos valores previstos e do erro da regressão. Ao optar por esta escolha, a Tabela 2 expõe o valor de 92% para esta medida, indicando um elevado grau de confiabilidade nos valores previstos pelas estimativas das probabilidades a partir dos coeficientes estimados.

Os impactos das variáveis explicativas na probabilidade da Amazônia Legal estar inserida nos três intervalos definidos na metodologia estão apresentados na Tabela 3. Como esperado,

o risco da Amazônia Legal apresentar maiores taxas de desmatamento diminui com a presença de um órgão público fiscalizador no município ao, se não evitar, reduzir o volume de cortes ilegais de árvores. Ou seja, as secretarias municipais ou órgãos públicos têm um efeito de, pelo menos, inibir o desmatamento. Então, a fiscalização ambiental aumenta a probabilidade da taxa de desmatamento na Amazônia Legal aproximar-se dos países desenvolvidos em, aproximadamente, 10%, enquanto que diminui a chance de apresentar taxas mais elevadas em 12%.

Os resultados encontrados neste trabalho indicam que, quanto maior o IDH dos municípios, ou seja, quanto melhor os indicadores de desenvolvimento humano, maior a probabilidade da Amazônia Legal apresentar menores taxas de desmatamento, cujo efeito marginal para vir a se enquadrar no primeiro intervalo é de 35,64%, enquanto que diminui as chances de apresentar taxas maiores de desmatamento em, aproximadamente, 45%.

A relação entre o IDHm e o desmatamento pode ser explicada através das três variáveis que o compõe: renda, educação e longevidade. Pela ótica da renda, espera-se que, quanto maior a renda

**Tabela 2.** Resultados da estimação para os municípios da Amazônia Legal – 1988 a 2002.

Variáveis	Coefficiente	p-valor
IDHm	-2.3981	0,0641
Secma	-0.6538	0.0001
Lnpiba	0.6517	0.0000
poparea	0.0524	0.0000
Estatística $\chi^2$ (Wald)	161.44	0.0000
Pseudo - $R^2_{MZ}$	0,916	

**Tabela 3.** Efeitos marginais das variáveis sobre a probabilidade de desmatamento da Amazônia nos Intervalos 1, 2 e 3 – 1988 a 2002.

Variáveis	$\frac{\partial P(Y = 1)}{\partial x}$	$\frac{\partial P(Y = 2)}{\partial x}$	$\frac{\partial P(Y = 3)}{\partial x}$
IDHm	0,3564	0,0950	-0,4514
Secma	0,0971	0,0259	-0,1231
Lnpiba	-0,0968	-0,0258	0,1227
Poparea	-0,0077	-0,0020	0,0098

dos indivíduos, menor a taxa de desmatamento na Amazônia Legal, confirmando os resultados encontrados na literatura que indicam existir uma ligação entre desmatamento e pobreza (RELATÓRIO NOSSO FUTURO COMUM, 1991; LOPEZ, 1992), significando que países em desenvolvimento, principalmente os mais pobres, apresentam taxas maiores de desmatamento.

Observa-se, pela ótica da educação, a importância desta na determinação das taxas de desmatamento, sugerindo que municípios que apresentam níveis educacionais mais elevados desmatam menos e preservam mais o meio ambiente. Resultados semelhantes foram encontrados por Loening e Markussen (2003), ao verificar as causas para o desmatamento e a perda da biodiversidade na Guatemala e concluir que um dos parâmetros mais importantes para se diminuir o desmatamento seria o nível de educação, mostrando uma relação negativa entre educação e desmatamento per capita.

Uma explicação plausível para a relação negativa entre o IDH, representado pelo nível educacional, e maiores taxas de desmatamento seria o fato de que indivíduos que apresentam níveis mais elevados de educação possuem maior conscientização do impacto que o desmatamento acarreta sobre o meio ambiente para gerações futuras. Além disso, esses indivíduos têm melhor capacidade de desenvolver técnicas que tornem o impacto da agricultura e da pecuária sobre a floresta menos prejudicial, principalmente para as áreas em que predomina a pecuária em larga escala e/ou agricultura intensiva.

Já pela ótica da longevidade, os indivíduos teriam uma maior expectativa de vida ao nascer se providas melhores condições ambientais através de sistema de saneamento básico e abastecimento de água de boa qualidade, entre outras. Além disso, o aumento do desmatamento implica em mais poluição, visto que o CO<sub>2</sub> é liberado na atmosfera através, principalmente, das queimadas.

Reforçando a afirmação feita por Margulis (2003) e Castro (2005) de que as principais causas do desmatamento na Amazônia Legal sejam a pecuária em larga escala e a agricultura intensa, os resultados aqui presentes mostram que atividades agrícolas e pecuárias contribuem para elevação do desmatamento na região. Com isso, um aumento na variação do PIB agropecuário diminui a probabilidade de ocorrerem taxas menores de desmatamento em 9,6%, enquanto que aumentam, em aproximadamente 12,2%, as chances de apresentar taxas mais elevadas e incluir-se no terceiro intervalo.

Referente ao efeito da densidade populacional observa-se que, embora com efeito marginal inferior às demais variáveis, também influencia positivamente a taxa de desmatamento, pois se espera que, com o aumento da densidade populacional nos municípios, a terra se torne cada vez mais escassa, contribuindo para a elevação dos preços da terra (ANDERSEN e REIS, 1997), tornando, assim, a especulação um negócio atrativo através da substituição das florestas por pastagens e agricultura (FEARNSIDE, 2005).

**Tabela 4.** Cenários probabilísticos de desmatamento da Amazônia nos Intervalos 1, 2 e 3 – 1988 a 2002.

Variáveis	Cenários				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
PIB agropecuário	8,65	7,5	7,5	7,5	7,5
Densidade Populacional	24,54	24,54	3,45	3,45	3,45
IDH-M	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7
Secma	0	0	0	0	1
Pr. Y = 1	0,15	0,28	0,51	0,53	0,68
Pr. Y = 2	0,06	0,09	0,10	0,10	0,08
Pr. Y = 3	0,79	0,61	0,38	0,36	0,23

Para mostrar os efeitos das variáveis da equação (11), fez-se necessária a utilização de cenários de previsões probabilísticas para que os municípios da Amazônia Legal apresentassem menores taxas de desmatamento, equiparando-se às taxas dos países desenvolvidos. Vale ressaltar que, em cada cenário, será estipulado o valor 1 ou 0 para as variáveis *dummies* e o próprio valor atribuído para as variáveis contínuas, e por fim, especifica-se o valor das probabilidades encontradas para os três níveis.

Pressupõe-se, inicialmente, o cenário (1), tido como pessimista em termos de expectativa de menores taxas de desmatamento, constituído de características socioeconômicas, demográficas e política. Tal vetor de características mostra que as variáveis utilizadas para os municípios da Amazônia Legal apresentam a média observada na Amazônia Legal (Ver Tabela 1) e sem a presença de uma secretaria do meio ambiente. Então, possuindo estas características, a probabilidade dos municípios apresentarem menores taxas de desmatamento, inserindo-se no nível 1, é de aproximadamente 15%.

Porém, este cenário não necessariamente precisa permanecer se ao invés de uma média de 8,65, o PIB agropecuário da Amazônia fosse reduzido a 7,5, menor média observada entre os estados da Amazônia Legal. Mantendo as demais variáveis constantes, a probabilidade de enquadrar-se ao nível 1 aumentaria para 28%, enquanto que reduziria em 61% a probabilidade de apresentar maiores taxas.

Para o cenário (3), mantendo-se a nova média do PIB agropecuário e as demais variáveis variando somente a densidade populacional, assumindo-se a menor média entre os estados, que foi de 3,47 no caso do estado de Roraima, a probabilidade de a Amazônia Legal apresentar taxas menores de desmatamento aumentaria para 51%, aproximando-se do nível observado nos países desenvolvidos.

No cenário (4), a probabilidade de equiparar-se ao nível 1, variando o IDH, elevando-se para uma média de 0,7, a maior observada entre os

estados, foi de 53%; isso se permanecerem as demais variáveis constantes no cenário (3).

Com relação ao cenário 5, tido como otimista, mantendo-se as variáveis constantes ao cenário (4), porém, com a presença de uma secretaria, a probabilidade de apresentar taxas menores de desmatamento eleva-se para 68%, enquanto reduz a probabilidade de maiores taxas, distanciando-se do nível 3, para 23%. Se compararmos o cenário pessimista com o cenário otimista, observa-se um aumento na probabilidade da Amazônia Legal apresentar menores taxas de mais de 400%, indicando que melhorias nos indicadores socioeconômicos e demográficos, bem como intervenção política, são necessárias para a redução das taxas de desmatamento na Amazônia Legal.

## 6. Conclusões

Este trabalho procura ampliar o debate existente na literatura do Meio Ambiente sobre os possíveis determinantes da degradação ambiental, ao agregar vetores de fatores causais de cunhos socioeconômicos, políticos, demográficos e ambientais, especificamente nos efeitos sobre o desmatamento da Amazônia Legal, com ênfase especial na execução de políticas públicas, aqui representadas pela presença ou não de órgãos fiscalizadores permanentes nos municípios da região.

Ao se comparar taxas de desmatamento acumuladas, de 1988 a 2002, da Amazônia Legal com as taxas de desmatamento de 130 países, através de três níveis ordenados de desmatamento, definidos com base no IDH, computou-se, inicialmente, a proximidade entre essas taxas com as observadas em países desenvolvidos, em desenvolvimento com IDH elevado e países que apresentam IDH médio ou baixo, inclusive os subdesenvolvidos.

A partir das estimativas realizadas, concluiu-se que os determinantes do desmatamento se comportam de acordo com a teoria, tendo

a variável que denota a presença de órgão fiscalizador demonstrado ser eficaz na regulação do meio ambiente, ao aumentar a probabilidade de municípios dotados desta ação política atingirem níveis de desmatamento equiparados aos de países desenvolvidos. Conclui-se sobre a necessidade de uma expansão de secretarias governamentais de vigilância ambiental na região, uma vez que apenas 50% dos municípios que compõem a Amazônia Legal são dotados da presença de um órgão fiscalizador.

A variável IDH-m mostrou possuir um efeito positivo e estatisticamente significativo para redução da degradação ambiental, ou seja, melhores condições de desenvolvimento humano nos municípios da Amazônia Legal tendem a aumentar a probabilidade para a ocorrência de menores taxas de desmatamento. Por outro lado, densidade populacional e expansão do PIB agropecuário apresentaram-se relevantes para explicar seus efeitos contributivos para o aumento do desmatamento na região.

Acredita-se na relevância dos resultados aqui encontrados ao mostrar a eficácia da presença de órgãos fiscalizadores para inibir o desmatamento e preservar o meio ambiente, bem como reduzir os níveis de desmatamento e reforçar os trabalhos da literatura que mostram como medida eficiente o estabelecimento de uma “boa governança”.

Portanto, implantação de unidades governamentais voltadas para o meio ambiente em municípios que não as possuem, juntamente com políticas direcionadas para o aumento do nível educacional, redução da desigualdade de renda e o cumprimento de leis regulatórias, visando delimitar a expansão desordenada da fronteira agropecuária, são ações imperativas relevantes para, se não conter, arrefecer o desmatamento da Amazônia Brasileira.

## 7. Referências bibliográficas

ALESINA, A. e RODRIK, D. Distributive Politics and Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 109, n.2, p.465-490, 1994.

ANDERSEN, L. E. e REIS, E. J. *Deforestation, Development, and Government Policy in the Brazilian Amazon: An Econometric Analysis*. Texto para Discussão n. 513. Rio de Janeiro: IPEA, set. 1997.

ANGELSEN, A. e KAIMOWITZ, D. Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models. *World Bank Research Observer*, v.14, n.1, p.73-98, 1999.

BECKERMAN, W. The Environmental Limits to Growth: a fresh look. In: H. Giersch (Ed.). *Economic Progress and Environmental Concerns*. Springer, Berlin, 1993.

BINSWANGER, H.P. *Brazilian Policies that Encourage Deforestation in the Amazon*. Working Paper n.16, World Bank, 24 p., 1989.

BORGES, S. H. e IWANAGA S. O Desafio de Proteger a Amazônia. *Revista Ciência Hoje*, v. 41, p. 73-75, dez. 2007.

CAMERON, A. C. e TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics – Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 1058 p., 2005.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*, v. 8, n. 2, p. 5-39, Pará: dez. 2005.

CASTRO, M. H. M. *Amazônia: Soberania e Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Confea, 2007. 120p. – (Pensar Brasil).

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY – CIA. 2008. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/appendix/appendix-b.html>>. Acesso em: 10.03.2009

CHEN, B-L. An Inverted-U Relationship between Inequality and Long-Run Growth. *Economic Letters*, v. 78, p. 205-212, 2003.

CHOMITZ, K. M. Em desacordo? Expansão Agrícola, Redução da Pobreza e Meio Ambiente nas Florestas Tropicais. *Relatório do Banco Mundial*, 2007. Disponível em: <[http://siteresources.worldbank.org/INTTROPICALFOREST/Resources/2463822/PTpt\\_Main\\_Low\\_with\\_cover\\_portuguese.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTTROPICALFOREST/Resources/2463822/PTpt_Main_Low_with_cover_portuguese.pdf)> Acesso em: 16 out. 2008

CLARK, C. W. Operational Environmental Policies. *Environment and Development Economics*, v. 1, p. 110-13, 1996.

CROPPER, M. e GRIFFITHS, C. The Interaction of Population Growth and Environmental Quality. *American Economic Review*, v. 84, may, p. 250-254, 1994.

EL SERAFY, S., GOODLAND, R. The Importance of Accurately Measuring Growth. *Environment and Development Economics*, v. 1, p. 116-119, 1996.

- FEARNSIDE, P. M. *Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências*. Manaus: INPA, jul. 2005. Disponível em: <[http://www.unifap.br/ppgbio/doc/16\\_Fearnside.pdf](http://www.unifap.br/ppgbio/doc/16_Fearnside.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2008.
- FEIJÓ, F. T. e PORTO JR., S. S. Protocolo de Quioto e o Bem-Estar Econômico no Brasil: Uma análise utilizando equilíbrio geral computável. *Análise Econômica*. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2008. Disponível em: <<http://www.bancodonordeste.com.br/content/aplicacao/Eventos/ForumBNB2007/docs/protocolo-de-quioto.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2008
- FERREIRA, L. V., VENTICINQUE, E. e ALMEIDA, S. S. de. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 1-10, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-00010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-00010&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 fev. 2008
- FOLMER, H. e KOOTEN, G. C. *Deforestation*. University of Victoria, Department of Economics. Resource Economics and Policy Analysis (REPA). Working paper 2006. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/rep/wpaper/2006-06.html>>. Acesso em 23 jan. 2008.
- FORBES, K. A Reassessment of the Relationship between Inequality and Growth. *American Economic Review*, v. 90, p. 869-887, 2000.
- FUKUYAMA, F. Social Capital and Development: The Coming Agenda. *SAIS Review*, v.22, n.1, p.23-37, 2002.
- GEIST, H. J. e LAMBIN, E. F. *What drives tropical deforestation?* LUCR Report Series No. 4. Land Use and Land Cover Change, International Geosphere-Biosphere Programme. 2001.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1971.
- GODOY, A. M. G. *Desequilíbrios ambientais na agricultura brasileira: avanços ou continuidade no Plano Plurianual do governo Lula?*. In: Encontro da ANPPAS, Indaiatuba- SP. Anais do II Encontro da ANPPAS, v. 1. p. 1-20, 2004.
- GOODSTEIN, E. S. *Economics and Environment*, 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. Prentice Hall, fifth ed., New Jersey, 802 p., 2002.
- GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A. B. Economic Growth and The Environment. *Quarterly Journal of Economics*, v. 110, n. 2, may, p. 353-377, 1995.
- \_\_\_\_\_. The Inverted-U: What does it Mean? *Environment and Development Economics*, v. 1, p. 119-122, 1996.
- HAZILLA, M. e KOPP, R. J. Social Cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis. *Journal of Political Economy*, v. 98, p. 853-873, 1990.
- HALL, C.A.S. et al. *Energy and Resource Quality – The Ecology of the Economic Process*. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- IGLIORI, D.C. *Deforestation, Growth and Agglomeration Effects: Evidence from Agriculture in the Brazilian Amazon*. University of Cambridge, Department of Land Economy (Texto para Discussão, 28) 2008. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwr/ersa06p719.html>>. Acesso em: 23 jan. 2009
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- JARAMILLO, C. F. e KELLY, T. *Deforestation and Property Rights in forest Resource Policy in Latin America*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. 1999. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=359769>>. Acesso em: 19 Set. 2008.
- KENNEDY, P. *A Guide to Econometrics*. The MIT Press, fourth ed., 468 p., Cambridge, 1998.
- LA PORTA, R. et al. The Quality of Government. *Economics & Organization*, v.15, p.222-279, 1999.
- LOENING, L. J. e MARKUSSEN, M. *Pobreza, Deforestación y Pérdida de la Biodiversidad en Guatemala*. Discussion Papers. ISSN 1431-181X, n. 41. jan. 2003.
- LONG J. S. e FREESE, J. *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata*. Stata Press, ed. 2. College Station, 2006.
- LOPEZ, R. Environmental Degradation and Economic Openness in LDCs: The Poverty Linkage. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 74, n. 5, p. 1138-50, 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/pss/1242771>>. Acesso em: 17 dez. 2007.
- MADDALA, G.S. *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
- MARGULIS, S. *Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira*. Banco Mundial – Brasília: julho, 2003.
- \_\_\_\_\_. *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Brasília: IPEA; PNUD, 1990. 242p.
- \_\_\_\_\_. *Back-of-the-Envelope Estimates of Environmental Damage Costs in Mexico*. Policy Research Working Papers, The World Bank, Washington, January, 1992.

- MENDELSON, R. Property Rights and Tropical Deforestation. *Oxford Economic Papers*, v. 46, p. 750-756, 1994.
- MYERS, E. N. *Policies to Reduce Emissions from Deforestation and Degradation (REDD): An examination of the issues facing the incorporation of REDD into market-based climate policies in Tropical Forests*. Discussion Paper RFF DP 07-50. dez. 2007
- NAIDOO, R. Economic Growth and Liquidation of Natural Capital: The Case of Forest Clearance. *Land Economics*, v. 80, p. 194-208, may, 2004.
- NOSSO FUTURO COMUM. Editora da Fundação Getúlio Vargas – FGV, ed. 2, p. 1-26. Rio de Janeiro: 1991.
- PERSSON, T. e TABELLINI, G. Is inequality Harmful for Growth? *American Economic Review*, v. 84, n. 3, p. 600-621, 1994.
- PFAFF, AS.P. *What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and Socioeconomic Data*. 1997 (Working Paper, 1772). Disponível em: <[http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1997/05/01/000009265\\_3980313101835/Rendered/PDF/multi\\_page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1997/05/01/000009265_3980313101835/Rendered/PDF/multi_page.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2007,
- RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO. Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido. ISBN 978-972-40-3313-6. PNUD-IPAD. 2007/2008
- RIVAS, A. A. F., KAHN, J.R. e CASEY, J. *A preservação ambiental é um bem de luxo? Um estudo sobre o valor de ecossistemas de várzea na Amazônia*. Planejamento e Políticas Públicas - IPEA. 2007.
- SACHS, J. D. e WARNER, A. M. *Natural Resource Abundance and Economic Growth*, NBER (Working Paper, 5398) Cambridge, dec. 1997. Disponível em: <[http://www.cid.harvard.edu/ciddata/warner\\_files/natresf5.pdf](http://www.cid.harvard.edu/ciddata/warner_files/natresf5.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2008.
- SANTOS, R. B. N. et al. *Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal*. Rio Branco: jul. 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/716.pdf>>. Acesso em: 10.03.2009.
- SCRIECIU, S. S. *Economic Causes of Tropical Deforestation – A Global Empirical Application*. University of Manchester, (Working Paper, 4). 2004. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wpa/wuwpot/0410008.html>>. Acesso em: 17 mar. 2008
- \_\_\_\_\_. Can Economic Causes of Tropical Deforestation be Identified at a Global Level? *Ecological Economics*, v. 62, n. 3-4, p. 603-612, 2007.
- SHERRIL, E. I. Padrões de Uso do Solo, Desmatamento na Amazônia e seus Impactos Globais: Um modelo Econômico-Ecológico de Dinâmica Regional. In: III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. *Anais...* Recife: Nov. 1999, p. 1- 18.
- SOARES FILHO, B. S. et al. Cenário de Desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.
- STOKEY, N. Are There Limits to Growth?. *International Economic Review*, v. 39, n. 1, p. 1-31, 1998.
- TIFFEN, M. e MORTIMORE, M. Malthus Converted: The Role of Capital and Technology and Environmental Recovery in Kenya. *World Development*, v. 22, p. 997-1010, 1994.
- VEALL, Michael R. e ZIMMERMANN K. F. *Pseudo-R2 Measures for Some Common Limited Dependent Variable Models*. Institut Für Statistik Sonderforschungsbereich, Paper n.18, 1996.

## Anexos

**Tabela A1.** Resultado da estimação por MQO entre desmatamento e IDH por países.

Variáveis	Coefficientes	P-valor
C	-4,992017	0,0000
LNIDH	-9,778303	0,0000
$R^2 = 0,4023$		

**Tabela A2.** Resultado da estimação por MQO entre desmatamento e IDH por municípios.

Variáveis	Coefficientes	P-valor
C	5.659504	0.0020
IDH-m	-8.622515	0.0028
$R^2 = 0,5279$		

**Tabela A3.** Resultados das estimações da taxa de desmatamento por categorias.

Categorias/Variáveis	Coefficiente	Desvio Padrão	Estatística-z	P-valor
<b>Ambiental</b>				
DAGUA	0.002289	0.002971	0.770306	0.4411
DSAN	0.010630	0.007027	1.512818	0.1303
<b>Demográfica</b>				
POPAREA	0.030087	0.008631	3.486001	0.0005
AREA	-5.25E-05	1.06E-05	-4.928171	0.0000
POP	4.98E-06	3.42E-06	1.453439	0.1461
<b>Política</b>				
SECMA	-0.338745	0.143007	-2.368730	0.0178
<b>Socioeconômica</b>				
IDH	1.326816	3.629009	0.365614	0.7147
ESTUDO	-0.263341	0.171487	-1.535632	0.1246
PP	0.016365	0.006963	2.350194	0.0188
GINI	-10.69406	1.531233	-6.983954	0.0000
RENDAPC	0.002734	0.002102	1.300480	0.1934
PIB	2.27E-07	1.88E-07	1.209031	0.2267
LNPIBA	0.505016	0.076805	6.575291	0.0000

Tabela A4. Relação entre IDH e desmatamento por país.

Países	IDH	Desmatamento 1988-2002	Países	IDH	Desmatamento 1988-2002
Norway	0,968	0,00	Russian Federation	0,802	0,00
Australia	0,962	3,45	Albania	0,801	0,00
Canada	0,961	0,00	Macedonia, FYR	0,801	0,00
Ireland	0,959	0,00	Venezuela, RB	0,792	10,70
Sweden	0,956	0,00	Colombia	0,791	1,71
Switzerland	0,955	0,00	Ukraine	0,788	0,00
Japan	0,953	0,00	Thailand	0,781	10,70
Finland	0,952	0,00	China	0,777	0,00
France	0,952	0,00	Armenia	0,775	22,48
United States	0,951	0,00	Turkey	0,775	0,00
Denmark	0,949	0,00	Peru	0,773	1,71
Spain	0,949	0,00	Ecuador	0,772	26,66
Austria	0,948	0,00	Lebanon	0,772	0,00
Belgium	0,946	1,71	Philippines	0,771	44,77
United Kingdom	0,946	0,00	Tunisia	0,766	0,00
New Zealand	0,943	0,00	Iran, Islamic Rep.	0,759	0,00
Italy	0,941	0,00	Paraguay	0,755	16,45
Hong Kong, China	0,937	0,00	Azerbaijan	0,746	0,00
Germany	0,935	0,00	Sri Lanka	0,743	22,48
Israel	0,932	0,00	Jamaica	0,736	1,71
Greece	0,926	0,00	El Salvador	0,735	26,66
Singapore	0,922	0,00	Algeria	0,733	0,00
Korea, Rep.	0,921	1,71	Vietnam	0,733	0,00
Portugal	0,897	0,00	Indonesia	0,728	30,98
Czech Republic	0,891	0,00	Turkmenistan	0,713	0,00
Kuwait	0,891	0,00	Nicaragua	0,71	26,66
Hungary	0,874	0,00	Egypt, Arab Rep.	0,708	0,00
Poland	0,87	0,00	Honduras	0,7	52,16
Argentina	0,869	7,02	Mongolia	0,7	12,59
Chile	0,867	0,00	Bolivia	0,695	7,02
Slovenia	0,863	0,00	Guatemala	0,689	20,44
Norway	0,968	0,00	Afghanistan	0,683	47,19
Australia	0,962	3,45	Gabon	0,677	1,71
Canada	0,961	0,00	South Africa	0,674	0,00
Ireland	0,959	0,00	Tajikistan	0,673	0,00
Sweden	0,956	0,00	Botswana	0,654	16,45
Switzerland	0,955	0,00	Namibia	0,65	14,51
Japan	0,953	0,00	Morocco	0,646	0,00
Finland	0,952	0,00	Guinea	0,642	10,70

France	0,952	0,00	India	0,619	0,00
United States	0,951	0,00	Lao PDR	0,601	8,85
Denmark	0,949	0,00	Cambodia	0,598	24,55
Spain	0,949	0,00	Myanmar	0,583	22,48
Austria	0,948	0,00	Ghana	0,553	33,19
Belgium	0,946	1,71	Pakistan	0,551	33,19
United Kingdom	0,946	0,00	Mauritania	0,55	49,66
New Zealand	0,943	0,00	Congo, Rep.	0,548	1,71
Italy	0,941	0,00	Bangladesh	0,547	1,71
Hong Kong, China	0,937	0,00	Cameroon	0,532	16,45
Germany	0,935	0,00	Nepal	0,531	30,98
Israel	0,932	0,00	Papua New Guinea	0,53	7,02
Greece	0,926	0,00	Sudan	0,526	14,51
Singapore	0,922	0,00	Kenya	0,521	5,22
Korea, Rep.	0,921	1,71	Haiti	0,521	10,70
Portugal	0,897	0,00	Zimbabwe	0,513	26,66
Czech Republic	0,891	0,00	Togo	0,512	62,58
Kuwait	0,891	0,00	Uganda	0,505	35,43
Hungary	0,874	0,00	Gambia, The	0,502	0,00
Poland	0,87	0,00	Senegal	0,499	8,85
Argentina	0,869	7,02	Eritrea	0,483	5,22
Chile	0,867	0,00	Nigeria	0,47	49,66
Slovenia	0,863	0,00	Tanzania	0,467	18,43
Lithuania	0,862	0,00	Angola	0,446	3,45
Estonia	0,86	0,00	Benin	0,437	40,02
Latvia	0,855	0,00	Malawi	0,437	16,45
Uruguay	0,852	0,00	Zambia	0,434	16,45
Croatia	0,85	0,00	Burundi	0,413	70,83
Costa Rica	0,846	8,85	Congo, Dem. Rep.	0,411	5,22
Cuba	0,838	0,00	Ethiopia	0,406	16,45
Mexico	0,829	8,85	Chad	0,388	10,70
Bulgaria	0,824	0,00	C. African Republic	0,384	1,71
Libya	0,818	0,00	Mozambique	0,384	5,22
Oman	0,814	0,00	Mali	0,38	12,59
Trinidad and Tobago	0,814	5,22	Guinea-Bissau	0,374	7,02
Romania	0,813	0,00	Niger	0,374	47,19
Panama	0,812	1,71	Burkina Faso	0,37	5,22
Saudi Arabia	0,812	0,00	Liberia	0,364	28,80
Malaysia	0,811	7,02	Sierra Leone	0,336	10,70
Belarus	0,804	0,00	Somalia	0,221	16,45
Bosnia and Herzegovina	0,803	1,71			

Fonte: Banco Mundial, WDI (2006).