

MARCELO DIAS PAES FERREIRA

**IMPACTOS DOS PREÇOS DAS *COMMODITIES* E DAS POLÍTICAS  
GOVERNAMENTAIS SOBRE O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F381i  
2011

Ferreira, Marcelo Dias Paes, 1986-

Impactos dos preços das *commodities* e das políticas governamentais sobre o desmatamento na Amazônia Legal / Marcelo Dias Paes Ferreira. – Viçosa, MG, 2011.  
xiii, 90f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Alexandre Bragança Coelho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 80-84.

1. Desmatamento - Amazônia. 2. Política ambiental - Aspectos econômicos. 3. Preços agrícolas. 4. Despesa pública - Política governamental. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 333.75130981

MARCELO DIAS PAES FERREIRA

**IMPACTOS DOS PREÇOS DAS *COMMODITIES* E DAS POLÍTICAS  
GOVERNAMENTAIS SOBRE O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 07 de novembro de 2011

---

Elaine Aparecida Fernandes

---

Marília Fernandes Maciel Gomes

---

Alexandre Bragança Coelho

(Orientador)

*A Deus, à minha esposa Regiane e a toda a minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela saúde e oportunidades que tem me dado desde o início da minha vida, principalmente por ter me permitido concluir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Ione Maria Dias Paes e José Hércio Ferreira, que sempre me apoiaram na minha vida, em especial, nos meus estudos. À minha esposa Regiane, pelo incentivo e paciência ao longo dos últimos seis anos. Aos meus irmãos Kelly e Magno, aos meus sobrinhos Gustavo e Giovanna e aos meus cunhados, sogros e demais familiares pela torcida pelo meu sucesso.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Economia Rural, pela excelente formação que obtive, tanto na graduação como no mestrado.

Ao meu orientador no mestrado, Alexandre Bragança Coelho, pela confiança depositada em mim mesmo nos momentos mais difíceis. Aos meus coorientadores Viviani Silva Lirio e Marcelo José Braga e aos participantes da banca de defesa, Elaine Aparecida Fernandes e Marília Fernandes Maciel Gomes, e aos demais professores que participaram da minha formação durante o mestrado.

Agradeço também aos senhores Jorge Hargrave da Silva e Eugênio Arima, pelo auxílio na elaboração desta dissertação.

Aos memoráveis amigos Lucas Oliveira de Sousa, que me acompanha desde o segundo grau, Samuel Alex Coelho e Estevão Chaves, sempre dispostos a dar bons conselhos, seja na vida profissional ou pessoal. Gostaria de agradecer também aos amigos de todas as fases da minha vida, em especial os colegas da Economia Aplicada.

A todos os funcionários do Departamento de Economia Rural, em especial Carminha, Anízia, Tedinha, Cassiana, Romildo, Brilhante, Russo, Helena, Otto, Élide e Leoni.

A todos aqueles que direta ou indiretamente, perto ou longe, me incentivaram para que esta conquista se realizasse.

## **BIOGRAFIA**

Marcelo Dias Paes Ferreira, filho de José Hélcio Ferreira e Ione Maria Dias Paes, nasceu em Ervália, estado de Minas Gerais, em 15 de abril de 1986.

Em março de 2004, iniciou o curso de Gestão do Agronegócio pela Universidade Federal de Viçosa em Viçosa – MG, graduando-se em julho de 2009.

Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em novembro de 2011.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
1. Introdução .....	1
1.1. Considerações Iniciais .....	1
1.2. O problema e sua Importância.....	6
1.3. Hipótese.....	11
1.4. Objetivos .....	11
1.4.1. Objetivo Geral.....	11
1.4.2. Objetivos Específicos.....	11
2. Panorama e Tendências do Desmatamento na Amazônia Legal .....	12
2.1. Ocupação, Políticas Governamentais e Desmatamento na Amazônia Legal...	12
2.2. Nível de Desmatamento nos Estados e Municípios da Amazônia Legal .....	18
2.3. Preços Agrícolas, Mudança no Uso da Terra e Desmatamento .....	24
3. Referencial Teórico.....	30
3.1. Causas Diretas e Subjacentes do Desmatamento .....	30
3.2. Desmatamento como Decisão de Investimento.....	32
3.3. Efeitos Líquidos das Políticas sobre o Desmatamento.....	35
3.4. Síntese do Modelo Teórico.....	38
4. Metodologia.....	42
4.1. Modelo Econométrico .....	42

4.1.1.	Modelos de Estimação de Dados em Painel .....	42
4.1.2.	Identificação e Correção da Endogeneidade dos Regressores .....	45
4.1.3.	Cálculo dos Efeitos Líquidos das Políticas .....	47
4.2.	Variáveis e Fonte de Dados .....	48
5.	Resultados e Discussão .....	52
5.1.	Determinantes do Desmatamento em Nível Estadual .....	52
5.1.1.	Efeitos Líquidos das Políticas Governamentais sobre o Desmatamento ..	63
5.2.	Determinantes do Desmatamento em Nível Municipal .....	66
5.3.	Síntese dos Principais Resultados Estaduais e Municipais .....	76
6.	Considerações Finais .....	77
	Referências .....	80
	ANEXO .....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os dez países que mais desmataram na década de 1990 e 2000 .....	3
Tabela 2 – Média, participação e crescimento do desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira de 1989 a 2010 .....	19
Tabela 3 – Estatísticas descritivas do percentual remanescente de florestas nos municípios da Amazônia Legal brasileira, por Estado.....	23
Tabela 4 – Estatísticas descritivas para o modelo de desmatamento estadual na Amazônia Legal .....	53
Tabela 5 – Teste de Hausman para modelos de Efeitos Fixos ou Efeitos Aleatórios.....	55
Tabela 6 – Teste de Hausman para endogeneidade nos regressores população (pop) e crédito rural (cr) para o modelo estadual .....	56
Tabela 7 – Coeficientes dos modelos estaduais estimados por MMG para o desmatamento na Amazônia Legal .....	57
Tabela 8 - Estatísticas descritivas para o modelo de desmatamento municipal na Amazônia Legal .....	67
Tabela 9 – Teste de Hausman para endogeneidade nos regressores população (pop) e crédito rural (cr) para o modelo municipal.....	68
Tabela 10 – Coeficientes dos modelos municipais estimados por efeitos aleatórios para o desmatamento na Amazônia Legal .....	69
Tabela 11 – Elasticidades de resposta do desmatamento às variáveis indbov, psoja1, pboi1, ipp1, cr, ag e tr.....	75
Tabela 12 – Comparação dos sinais e da significância dos coeficientes entre o modelo estadual e o modelo Municipal.....	76
Tabela A.1 – Forma reduzida estimada para população no modelo estadual .....	86
Tabela A.2 – Forma reduzida estimada para crédito rural no modelo estadual.....	86

Tabela A.3 – Teste de Hausman para as variáveis população e crédito rural no modelo estadual.....	87
Tabela A.4 – Forma reduzida estimada para população no modelo municipal .....	88
Tabela A.5 – Forma reduzida estimada para crédito rural no modelo municipal.....	89
Tabela A.6 – Teste de Hausman para as variáveis população e crédito rural no modelo municipal .....	90

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação relativa da área de floresta por país no total mundial. ....	2
Figura 2 – Evolução do desmatamento na Amazônia Legal brasileira em km <sup>2</sup> de 1988 a 2010. ....	6
Figura 3 – Mapa político da Amazônia Legal Brasileira. ....	13
Figura 4 – Áreas de florestas, de não florestas e desmatadas no bioma Amazônico em 2004. ....	18
Figura 5 – Trajetória do desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira em km <sup>2</sup> de 1988 a 2010: Acre (a), Amazonas (b), Amapá (c), Maranhão (d), Mato Grosso (e), Pará (f), Rondônia (g), Roraima (h) e Tocantins (i). ....	21
Figura 6 – Índices de preços de boi e da soja nacional e de desmatamento da Amazônia Legal de 1990 a 2010. ....	25
Figura 7 – Evolução da área plantada de soja na Amazônia Legal (AL) e no resto do Brasil (RBR) de 1990 a 2009. ....	27
Figura 8 – Evolução do rebanho na Amazônia Legal (AL) e no resto do Brasil (RBR) de 1990 a 2009. ....	27
Figura 9 – Causas imediatas e causas subjacentes do desmatamento. ....	31
Figura 10 – Diferença entre o desmatamento estrutural e o observado causado pelos efeitos de políticas. ....	36
Figura 11 – Relação entre a área relativa de floresta (rflor) e o desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira. ....	61
Figura 12 – Relação entre PIB <i>per capita</i> e desmatamento nos estados da Amazônia Legal brasileira. ....	62
Figura 13 – Efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento da Amazônia Legal para o modelo <i>polled</i> nos estados do Acre (a), Amazonas (b), Amapá (c), Maranhão (d), Mato Grosso (e), Pará (f), Rondônia (g), Roraima (h) e Tocantins (i). A linha vermelha representa o nível de 10 % de significância. ....	65

Figura 14 – Relação entre a área relativa de floresta (rflor) e o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira. ....	71
Figura 15 – Relação entre renda <i>per capita</i> e desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. ....	73

## RESUMO

FERREIRA, Marcelo Dias Paes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2011. **Impactos dos preços das *commodities* e das políticas governamentais sobre o desmatamento na Amazônia Legal.** Orientador: Alexandre Bragança Coelho. Coorientadores: Viviani Silva Lirio e Marcelo José Braga.

A ação do homem tem influenciado a derrubada de florestas em todo mundo por meio de um processo socioeconômico de ocupação de novas áreas. No caso da Amazônia Legal brasileira, o processo de ocupação territorial se intensificou a partir de década de 1950, mediante incentivos do poder público. A preocupação com o desmatamento nessa região surgiu em meados da década de 1980, quando políticas de redução do desmatamento começaram a tomar forma. Tais políticas foram aprimoradas ao longo dos anos, sendo a elas creditada a queda no desmatamento observada recentemente. Contudo, também há evidências de que os preços agrícolas também estão associados à redução da cobertura florestal na Amazônia, sobretudo os preços da soja e do boi. Assim, torna-se necessário compreender as causas do desmatamento na Amazônia Legal. Para alcançar tal entendimento, este trabalho se baseou em modelos teóricos de causas do desmatamento e fez uso da técnica econométrica de dados em painel a fim de modelar o desmatamento a nível estadual e municipal. Esses modelos tomaram como base o período de 1999 a 2008 para a análise estadual e 2002 a 2008 para a análise municipal. Os resultados indicam que os preços agrícolas estão mais relacionados com o desmatamento do que as variáveis de políticas associadas ao crédito rural e gastos com transporte e agricultura. Entretanto, constatou-se, por meio da técnica de mensuração do efeito líquido de políticas sobre o desmatamento, que políticas recentes de fiscalização mais focadas, embargos de comercialização de áreas desmatadas ilegalmente e restrição de crédito para áreas irregulares ou que não cumprem a legislação ambiental podem ter sido mais efetivas para a redução do desmatamento no estado do Mato Grosso. Constatou-se, também, que o desmatamento na Amazônia Legal ocorre mediante um

processo denominado Mudança Indireta do Uso da Terra (MIUT), em que a soja ocupa a área de pastagem, que, por sua vez, avança sobre a floresta. Sendo assim, concluiu-se que o desmatamento na Amazônia Legal é influenciado tanto pela variação dos preços agrícolas quanto pelas políticas governamentais, mas com maior importância dos preços agrícolas.

## ABSTRACT

FERREIRA, Marcelo Dias Paes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2011. **Impacts of commodities prices and government policies on deforestation in the Brazilian Amazon.** Advisor: Alexandre Bragança Coelho. Co-advisors: Viviani Silva Lirio and Marcelo José Braga.

Mankind has affected deforestation worldwide by a socio-economic process of expansion to new areas. For the Brazilian Amazon, that process began in the 1950's by settlement government policies. The concern with deforestation in that region started in the middle of 1980's, when policies of deforestation reduction were first applied. These policies were improved over the years and were pointed out by some studies as the reason of recent deforestation reduction. However, there are evidences that agricultural prices play an important role in the changes of deforestation within the Brazilian Amazon, especially soybean and cattle prices. Thus, it is necessary to understand the causes of deforestation in that region. To achieve that objective a theoretical framework of deforestation causes and panel data models in state and county level were used. The period of analysis was 1999-2008 in the state model and 2002-2008 in the county model. Results point that agricultural prices are more related to deforestation than the government policies on farm credit, agriculture and transportation. However, a method to measure the net effect of polices on deforestation showed that the new policies that focus on control in the areas where the deforestation were more likely to happen were successful, mainly in the Mato Grosso State. Results also show that the deforestation within the Brazilian Amazon happens by a process named Indirect Land Use Change (ILUC), in which the soybean crop occupies the cattle area, and the last occupies the forest. Finally, the conclusion is that the deforestation is associated with both group of variables, agriculture prices and policies, but the degree of association is stronger with the variables of the first group.

# 1. Introdução

## 1.1. Considerações Iniciais

O desmatamento, que pode ser definido como a conversão de áreas de florestas para outros usos, tem sido amplamente discutido nos últimos anos sob diversos aspectos. Um aspecto importante diz respeito às relações socioeconômicas e o desmatamento, haja vista que o principal fator desencadeador desse processo é o homem, desmatamento antropogênico, em oposição ao desmatamento ocorrido por causas naturais. Dessa forma, variáveis econômicas, sociais e políticas estariam relacionadas à decisão do ser humano de fazer ou não a conversão de áreas de florestas para outros usos.

As florestas ocupam expressivas áreas da superfície terrestre. No ano de 2010, as florestas cobriam 31% do solo mundial, correspondendo a cerca de 4 bilhões de hectares, o equivalente a 0,6 hectare per capita. Florestas primárias, florestas de espécies nativas que não sofreram ação humana, correspondiam a 36% do total; florestas secundárias, que se regeneram naturalmente após a retirada da cobertura vegetal, ocupavam 57% da área total de floresta; e as florestas plantadas ocupavam 7% (FAO, 2010).

Os cinco países com maiores áreas de florestas são a Rússia, Brasil, Canadá, EUA e China, que somam cerca de 50% da área total de florestas (Figura 1). O Brasil se destaca na área de florestas tropicais, dado que as florestas na Rússia, Canadá e EUA não se situam nessa faixa climática.

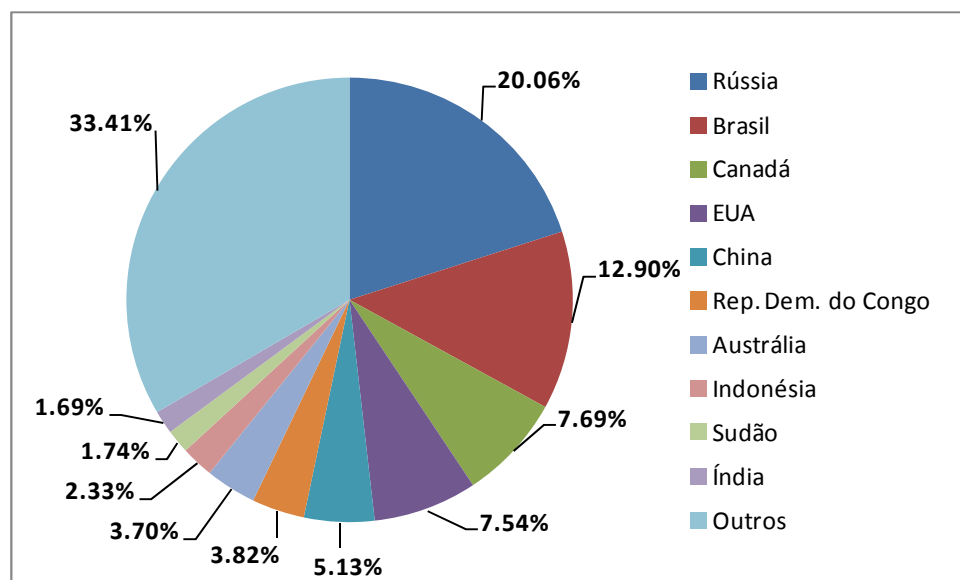


Figura 1 – Participação relativa da área de floresta por país no total mundial.

Fonte: FAO (2010).

O Brasil foi o país que mais desmatou durante as décadas de 1990 e 2000. Como se pode observar na Tabela 1, a média do desmatamento no Brasil ao longo dessas duas décadas apresentou queda menos expressiva, cerca de 9%, em relação à Indonésia, que teve seu desmatamento quase reduzido em 74%. A Austrália é o país que mais subiu posições ao longo das duas últimas décadas, uma vez que não figurava na lista dos dez países que desmataram na década de 1990, passando para o segundo lugar na década de 2000. Essa mudança se deveu aos inúmeros incêndios florestais que assolaram o país ao longo dos anos 2000 (FAO, 2010).

O desmatamento na Ásia diminuiu, uma vez que Indonésia e Mianmar reduziram a participação no desmatamento mundial. Ao mesmo tempo, países da África (Nigéria, Tanzânia, Zimbábue e Rep. Dem. Do Congo) e da América Latina (Bolívia e Venezuela) ganharam posições entre os países que mais desmatam. O total do desmatamento mundial sofreu redução, passando de cerca de 7,9 milhões de hectares por ano na década de 1990, para 6 milhões de hectares na década de 2000, o que equivale a uma redução de aproximadamente 24%.

Tabela 1 – Os dez países que mais desmataram na década de 1990 e 2000

1990-2000		2000-2010	
País	Desmatamento (1000 ha/ano)	País	Desmatamento (1000 ha/ano)
<b>Brasil</b>	2890	<b>Brasil</b>	2642
<b>Indonésia</b>	1914	<b>Austrália</b>	562
<b>Sudão</b>	589	<b>Indonésia</b>	498
<b>Mianmar</b>	435	<b>Nigéria</b>	410
<b>Nigéria</b>	410	<b>Tanzânia</b>	403
<b>Tanzânia</b>	403	<b>Zimbábue</b>	327
<b>México</b>	354	<b>Rep. Dem. do Congo</b>	311
<b>Zimbábue</b>	327	<b>Mianmar</b>	310
<b>Rep. Dem. do Congo</b>	311	<b>Bolívia</b>	290
<b>Argentina</b>	293	<b>Venezuela</b>	288
<b>Total</b>	<b>7926</b>	<b>Total</b>	<b>6041</b>

Fonte: FAO (2010).

Constata-se na Tabela 1 que a maioria dos países que desmatam são países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, sendo exceção a Austrália na década de 2000. De acordo com Repetto (1988), esse fato está relacionado à falta de oportunidades de desenvolvimento para a maioria da população nesses países, tais como acesso a terra. Assim, diante de direitos de propriedade da terra associados à derrubada de florestas, essa população busca alternativas de desenvolvimento por meio do estabelecimento da atividade agrícola em áreas de florestas, levando ao desmatamento.

Entre as florestas tropicais, a floresta Amazônica se destaca pelo fato de representar cerca de 40% das florestas úmidas remanescentes no planeta (ANDERSEN et al., 2002) e por abrigar uma vida selvagem diversificada, sendo apontada como a área de maior biodiversidade do planeta, o maior banco genético do mundo e detentora de 1/5 da reserva de água potável (IBGE, 2010).

Outro importante debate que tem ocorrido nos últimos anos está relacionado à contribuição do desmatamento para o aquecimento global. O desmatamento a nível global é a segunda principal fonte de Gases do Efeito Estufa (GEE), cerca de 16% das emissões, ficando atrás somente do uso de combustíveis fósseis (IPCC, 2007). No Brasil, a contribuição relativa do desmatamento para a emissão de GEE é ainda maior. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o percentual do desmatamento nas emissões totais foi de 57,71 % em 2005. Contribui para esse cenário o fato de o Brasil emitir relativamente menos GEE em outros setores, uma vez que a matriz energética brasileira possui participação significativa de fontes de energia de baixo carbono, como a hidráulica (hidroelétrica) e a biomassa

(bicombustíveis). Desconsiderando as emissões decorrentes de mudanças do uso da terra do *World Resources Insitute* (WRI, 2010), uma aproximação para o desmatamento, o Brasil cairia da quarta para a sétima posição no *ranking* das emissões no ano de 2005.

A área estimada da floresta Amazônica é de 6,4 milhões de km<sup>2</sup> divididos entre nove países da América do Sul: Brasil (63%), Peru (10%), Colômbia (7%), Bolívia (6%), Venezuela (6%), Guiana (3%), Suriname (2%), Equador (1,5%) e Guiana Francesa (1,5%)<sup>1</sup> (HOMMA, 2008). A porção brasileira da floresta Amazônica, cerca de 4 milhões de km<sup>2</sup>, está inserida na região denominada Amazônia Legal, com um território de 5.217.423 km<sup>2</sup>, equivalente a 61% do território nacional. A Amazônia Legal foi criada em 1953 para fins de planejamento político (HOMMA, 2008) e compreende integralmente os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parcialmente o estado do Maranhão (SUDAM, 2010). Segundo IBGE (2010), cerca de 20% da área original da floresta amazônica brasileira já está desmatada, o que é preocupante devido à velocidade do processo de desmatamento nessa região.

O processo de desmatamento foi historicamente influenciado pelas políticas de desenvolvimento da economia brasileira. Essas políticas, implementadas a partir da década de 1960, visavam à ocupação do território norte do país (CATTANEO, 2002). Essas políticas se fortaleceram com a criação da Superintendência de Desenvolvimento de Amazônia – Sudam em 1966, que concedia incentivos fiscais para investimentos dentro da Amazônia Legal na forma do Fundo de Investimento da Amazônia – Finam, tendo como principal enfoque o setor madeireiro e a pecuária (REPETTO, 1988). Aliado a isso, Governo Federal promoveu a construção de rodovias (ANDERSEN et al., 2002) e concedeu crédito agrícola subsidiado (REPETTO, 1988). Com a crise da dívida da década de 1980, o papel do Estado brasileiro como indutor de desenvolvimento diminui e tais políticas deixaram de ser aplicadas na mesma intensidade a partir de 1984 (REPETTO, 1988; ANDERSEN et al., 2002; FEARNSSIDE, 2005).

O cenário de hiperinflação da década de 1980 e início da década de 1990 fez com que as terras fossem utilizadas como reserva de valor, aumentando a demanda e, conseqüentemente, seu preço. Essa elevação de preços da terra levou a um aumento no desmatamento (FEARNSSIDE, 2005) a fim de atender à demanda por terras agrícolas. A partir do Plano Real, a economia se estabilizou, contudo, o aperto fiscal do Governo

---

<sup>1</sup>Andersen et al. (2002) apontaram dados diferentes de Homma (2008) para o tamanho da floresta Amazônica e da parcela brasileira, 5,5 milhões de km<sup>2</sup> e 3,55 milhões de km<sup>2</sup>, respectivamente.

Federal não permitiu que as políticas de outrora fossem restabelecidas na mesma intensidade. A partir da metade da década de 1990, o desmatamento passou a estar mais relacionado com o movimento de preços nos mercados agrícolas, sobretudo a soja. Contudo, políticas de crédito rural e de melhoria de infraestrutura de transporte foram implementadas nesse período.

A preocupação com o desmatamento surgiu no final da década de 1980, sendo revistas as políticas de desenvolvimento e formuladas mudanças institucionais a fim de estabelecer políticas de controle do desmatamento (ANDERSEN et al., 2002). A partir de então, tanto políticas de combate ao desmatamento quanto políticas de incentivo co-existiram. Contudo, recentemente, políticas mais consistentes de combate ao desmatamento foram implementadas, tais como fiscalização mais intensiva e focada nos principais municípios onde o desmatamento ocorre, embargo a produtos agrícolas cultivados em áreas desmatadas ilegalmente e restrição de crédito para produtores rurais que transgrediram leis ambientais de propriedade (BARRETO; SILVA, 2010).

O desmatamento na Amazônia Legal brasileira tem seguido o cenário político e econômico brasileiro. Como se pode observar na Figura 2, o desmatamento não seguiu uma tendência bem definida entre o final dos anos oitenta até 2010. Contudo, a taxa de crescimento do desmatamento foi negativa, apresentando média de – 1,6% ao ano.

Durante o período de instabilidade econômica no início dos anos 1990, o desmatamento apresentou números relativamente baixos. O pico no desmatamento observado no ano de 1995 deveu-se à retomada da estabilidade e ao crescimento do consumo interno após a implantação do Plano Real em 1994. Depois desse pico, o Governo Federal modificou o código florestal brasileiro, determinando que a área de reserva legal passasse de 50% para 80% na Amazônia Legal, o que reduziu o desmatamento nos anos seguintes. O desmatamento voltou a crescer de forma mais expressiva a partir de 2002, acompanhando o aumento de preços das *commodities* agrícolas, especialmente da soja, apresentando outro pico em 2004. A partir de 2005, com aplicações de políticas mais consistentes e focadas, o desmatamento apresentou tendência de queda (FEARNSIDE, 2005; BARRETO; SILVA, 2010). Por fim, nos anos de 2009 e 2010, o desmatamento na Amazônia Legal foi bem abaixo dos anos anteriores, apresentando um patamar inferior a 10 mil km<sup>2</sup>, o que pode estar relacionado com as políticas de combate ao desmatamento aplicadas nos últimos anos.

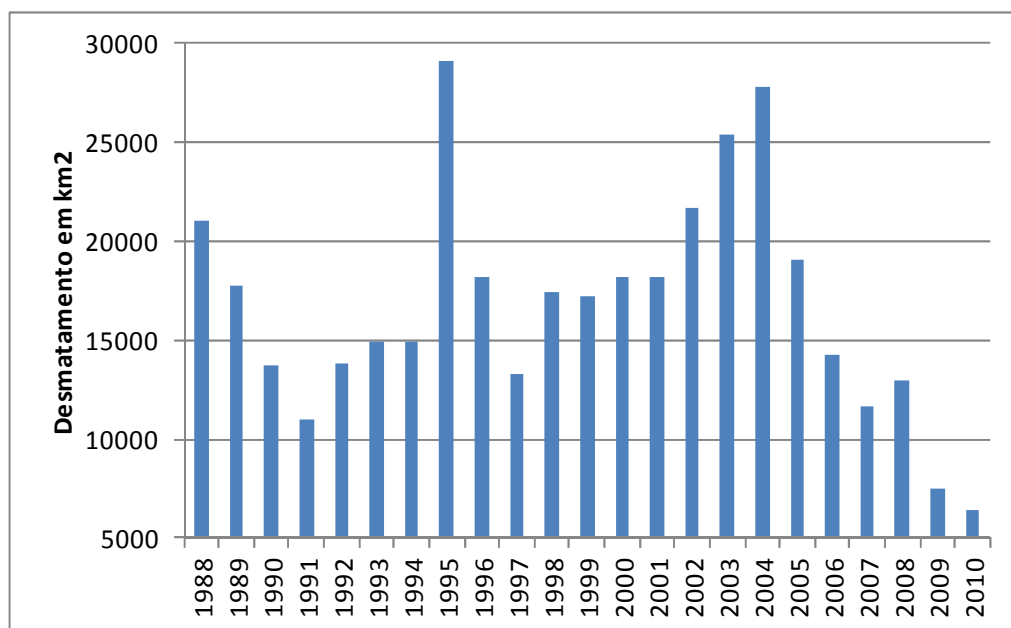


Figura 2 – Evolução do desmatamento na Amazônia Legal brasileira em km<sup>2</sup> de 1988 a 2010<sup>2</sup>.

Fonte: INPE (2010).

## 1.2. O problema e sua Importância

O processo do desmatamento na Amazônia Legal está associado a fatores de mercado, tais como variações nos preços das *commodities* agrícolas, bem como às políticas implementadas pelo setor público que incentivam ou combatem esse problema. Os preços das *commodities* agrícolas são apontados como causas do desmatamento tanto por trabalhos teóricos (ANGELSEN; KAIMOWITZ, 1999; ANGELSEN, 1999; GEIST; LAMBIN, 2002) quanto por análises empíricas para a Amazônia Legal (ARIMA et al., 2007; SILVA, 2009; ARIMA et al., 2011). Assim, constatou-se que tais preços possuem uma relação direta com o desmatamento na região.

Apesar dessas constatações, a redução do desmatamento a partir de 2005, de acordo com Barreto e Silva (2010), é creditada à aplicação de políticas bem-sucedidas de combate ao desmatamento. Essas políticas tiveram forma no aumento da fiscalização e na restrição de crédito rural e de acesso a mercados aos agricultores que não estivessem em conformidade com a legislação ambiental.

<sup>2</sup> O desmatamento para o ano de 1988 equivale à média do desmatamento na Amazônia Legal de 1977 a 1988; o desmatamento nos anos de 1993 e 1994 é a média entre esses dois anos; e o desmatamento em 2010 representa uma estimativa, enquanto os demais anos são dados consolidados.

Saber a contribuição de cada uma dessas variáveis, ou conjuntos de variáveis, sobre o desmatamento é de suma importância para o entendimento desse processo, bem como no auxílio para a revisão das políticas vigentes ou na proposição de novas políticas. Assim, este trabalho propõe uma análise das políticas públicas contra o desmatamento na Amazônia Legal. Para tal, torna-se importante avaliar o real impacto dessas políticas, buscando isolar seu efeito do efeito de outras variáveis.

Nesse sentido, Combes Motel et al. (2009) salientaram que o desmatamento deve ser entendido como um processo que, em parte, ocorre devido a questões alheias aos formuladores de políticas. As variáveis relacionadas a essas questões são o desenvolvimento econômico, área inicial de florestas, preços de *commodities* etc., denominadas variáveis estruturais. Assim, o desmatamento estaria sujeito a um leque muito amplo de variáveis que não são determinadas pelo setor público.

Combes Motel et al. (2009) também postularam que o desmatamento pode estar associado a políticas de incentivo ou de combate por parte do setor público. Em outras palavras, o governo pode implementar tanto políticas que levam a um aumento do desmatamento, quanto políticas que o reduzem. Assim, é necessário avaliar o efeito líquido do conjunto de políticas, não somente o efeito individual de cada variável.

O desmatamento é bastante heterogêneo entre os estados da Amazônia Legal, sendo observado de forma mais intensiva nos estados do sul e leste da Região (Maranhão, Pará, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia), enquanto os estados localizados mais ao norte e a oeste (Amapá, Roraima, Amazonas e Acre) apresentam desmatamento menos intensivo. Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010), o primeiro grupo de estados foi responsável por quase 90% do desmatamento ao longo das últimas duas décadas. Apesar dessas diferenças interestaduais, a heterogeneidade intraestadual é ainda maior, sobretudo nos estados em que o desmatamento é mais intensivo. Assim, análises pautadas unicamente no desmatamento a nível estadual estariam incompletas.

Os principais mecanismos de política que influenciam o desmatamento são os Gastos do Governo Federal. De acordo com Prates e Serra (2009), o desmatamento na Amazônia Legal é influenciado por quatro modalidades de gastos: crédito rural, agricultura, transporte e gestão ambiental. O crédito rural e o gasto com agricultura, políticas implementadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), liberam recursos que incentivam atividades agropecuárias e, conseqüentemente, o uso do solo. Os gastos com transporte, geridos pelo Ministério do Transporte, também incentivam a ocupação do

território, uma vez que melhoram as condições de acesso e reduzem os custos logísticos. Contrapondo-se a essas políticas que, teoricamente, incentivariam o desmatamento, o Ministério do Meio Ambiente estabelece políticas de combate e controle do desmatamento. Essas ações estariam representadas na modalidade de gastos com gestão ambiental.

A efetividade das políticas públicas de combate ao desmatamento ganha importância diante da relevância do desmatamento sobre as emissões de GEE a nível mundial e de Brasil, dos problemas acarretados por essas emissões e da perspectiva de compensação financeira por reduções do desmatamento na Amazônia Legal. Nesse sentido, é preciso avaliar se a redução do desmatamento observado nos últimos anos foi decorrente de políticas aplicadas ou se foi devida a mudanças nas variáveis estruturais, sobretudo aquelas ligadas aos mercados agrícolas.

Ao longo da última década, vários trabalhos foram desenvolvidos a fim de verificar empiricamente o processo de desmatamento na Amazônia Legal. Walker et al. (2000) constataram que a principal variável associada ao desmatamento em pequenas propriedades no Pará é o rebanho bovino. Arima et al. (2007) concluíram que as queimadas estão associadas positivamente aos preços recebidos pelos produtores de carne bovina e soja a nível local. Assim, esses trabalhos constataram uma motivação estrutural para o desmatamento.

Weinhold e Reis (2008) analisaram a relação entre os custos de transporte e desmatamento, verificando que os investimentos em estradas em áreas que já estão com baixa cobertura florestal podem reduzir o desmatamento futuro, ao passo que o mesmo investimento em áreas com maior densidade de florestas aumenta o desmatamento esperado. Assim, políticas de melhoria de infraestrutura de transporte na Amazônia Legal teriam um impacto ambíguo sobre o desmatamento.

Diniz e Oliveira Júnior (2009) constataram que há uma causalidade bidirecional entre as variáveis agropecuárias (área de lavoura e efetivo bovino), crédito rural, nível educacional e densidade populacional com o desmatamento. Aqueles autores observaram também que o PIB *per capita* e o tamanho da população causam o desmatamento. Assim, tanto o crédito rural, uma variável considerada política no sentido de Combes Motel et al. (2009), quanto as demais, consideradas estruturais, estão relacionadas ao desmatamento.

Prates e Serra (2009) constataram que os gastos do Governo Federal em transportes, crédito rural e gestão ambiental nos municípios do Pará impactaram no desmatamento, sendo os gastos com transporte os mais efetivos. Dessa forma, as

políticas públicas, representadas pelo gasto do Governo Federal em setores chaves, mostraram-se associadas ao desmatamento.

Rivero et al. (2009) chegaram a uma relação positiva entre o tamanho do rebanho bovino e a área desmatada nos municípios da Amazônia Legal. Silva (2009) desenvolveu um modelo bastante completo, no qual verificou que o preço do boi, o preço da soja e o crédito rural impactam de forma positiva e as multas ambientais, de forma negativa no desmatamento nos municípios da Amazônia Legal. Novamente, foi verificado o impacto tanto de políticas governamentais quanto de causas estruturais sobre o desmatamento.

Araújo et al. (2009) e Sant'anna e Young (2010) constataram que a ausência de direitos de propriedade bem definidos na Amazônia Legal afetam positivamente o desmatamento. Oliveira e Almeida (2010) verificaram, por meio de curva de Kuznets Ambiental, que a relação entre a renda *per capita* e o desmatamento é bastante heterogênea para os municípios da Amazônia Legal.

Por fim, Arima et al. (2011) constataram que o desmatamento ocorre por um processo indireto, no qual a soja ocupa a área da pecuária, fazendo com que essa atividade adentre a floresta e seja responsável pelo desmatamento. Aqueles autores verificaram essa relação pela ótica geográfica, por meio de modelos de econometria espacial. Assim, o processo de desmatamento pode estar associado ao mercado da soja, contudo, o vetor do desmatamento seria a pecuária, num processo denominado Mudança Indireta do Uso da Terra – MIUT.

Os trabalhos listados acima apontam que o desmatamento na Amazônia Legal está associado tanto a fatores estruturais quanto a políticos. Este trabalho traz algumas inovações em relação aos anteriores. Primeiramente, fez-se uma abordagem mais ampla dos efeitos de políticas públicas sobre o desmatamento na Amazônia Legal, expandindo para toda região o trabalho realizado por Prates e Serra (2009) para o Pará, que buscou medir os efeitos dos gastos do Governo Federal em crédito rural, gestão ambiental, agricultura e transporte sobre o desmatamento.

Segundo, complementou-se a análise espacial de desmatamento indiretamente relacionado à soja realizada por Arima et al. (2011). Esses autores testaram a MIUT por meio da abordagem espacial. Propôs-se uma análise desse fenômeno orientada para o mercado, testando o relacionamento do desmatamento com os preços da soja a nível nacional. Uma vez que o preço da soja está relacionado à sua oferta, e essa, por sua vez, está relacionada à área plantada, presume-se que mudanças na área de soja a nível mundial tenham impactos sobre os preços internacionais, que, por sua vez, impactam

nos preços no mercado doméstico. Isso eleva a rentabilidade da produção de soja, fazendo com mais áreas sejam demandadas no Brasil. Assim, um processo de substituição de pastagem por lavouras se inicia, levando à derrubada de florestas para dar lugar às novas áreas de pastagens que haviam sido substituídas pela soja.

Terceiro, utilizou-se uma metodologia de análise do efeito líquido de políticas sobre o desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira, proposto por Combes Motel et al. (2009), que ainda não foi implementada para essa região. Essa metodologia, ao contrário da abordagem de gastos públicos utilizada por Prates e Serra (2009), permite identificar o balanço entre as políticas que incentivam e as que combatem o desmatamento.

Quarto, foi realizado um teste econométrico a fim de identificar a endogeneidade do crédito rural e população com o desmatamento na Amazônia Legal, o que não foi realizado por nenhum dos trabalhos citados. Angelsen e Kaimowitz (1999) apontaram que essas variáveis podem possuir relação endógena com o desmatamento. Se essa relação for verificada, os métodos tradicionais utilizados para estimar as causas do desmatamento não seriam apropriados, pois os coeficientes seriam viesados e inconsistentes na presença de endogeneidade (GUJARATI, 2006). Em outras palavras, esses coeficientes não refletiriam o relacionamento real entre essas variáveis e o desmatamento.

Propôs-se, também, a análise do desmatamento em dois níveis políticos dentro da Amazônia Legal: estadual e municipal. Essas abordagens são propostas com intuito de avaliar as diferenças nas dinâmicas estaduais e municipais do desmatamento. Em outras palavras, buscou-se verificar se as variáveis estruturais e políticas agregadas a nível estadual ou desagregadas a nível municipal apresentaram efeitos semelhantes.

Diante do exposto, o presente trabalho pretende responder às seguintes questões: Quais foram as causas do desmatamento na Amazônia Legal no período de 1999 a 2008<sup>3</sup>? Qual é o papel dos preços das *commodities* agrícolas? Qual é o papel das políticas públicas? O que explica a queda recente do desmatamento?

As respostas às perguntas formuladas acima poderiam contribuir para o debate sobre o desmatamento na Amazônia em diversos sentidos. Primeiro, dariam subsídio aos formuladores de políticas acerca da dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. Essa dinâmica está associada às dimensões que afetam o desmatamento, estando essas

---

<sup>3</sup> A escolha desse período foi condicionada pela disponibilidade de dados. Para a análise estadual, foi possível cobrir o período especificado, enquanto para a análise municipal foi possível realizar a análise somente de 2002 a 2008.

dimensões relacionadas à tomada de decisão por parte dos agentes econômicos envolvidos. Em outras palavras, os resultados dessa pesquisa poderão proporcionar aos formuladores de política informações relativas a quando aplicar políticas e qual atividade econômica está associada ao desmatamento de forma direta. Segundo, permitirá o contraste entre a efetividade das políticas aplicadas com o impacto dos preços agrícolas sobre o desmatamento, podendo, mediante os resultados obtidos, incentivar mudanças nas políticas vigentes. Terceiro, este trabalho será uma ferramenta de avaliação das políticas públicas aplicadas no combate ao desmatamento a partir de 2004.

### **1.3. Hipótese**

O desmatamento na Amazônia Legal brasileira é mais sensível a mudanças nos preços das *commodities* agrícolas do que às políticas públicas.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo Geral**

Analisar como os preços das *commodities* agrícolas e as políticas públicas afetaram o desmatamento nos estados da Amazônia Legal brasileira no período de 1999 a 2008.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Identificar os principais determinantes do desmatamento na Amazônia Legal a nível estadual e municipal;
- b) Verificar se as políticas públicas tiveram efeito sobre o desmatamento nos estados da Amazônia Legal ao longo do tempo; e
- c) Investigar como o crédito rural e a população afetam (ou são afetados pelo) o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira.

## **2. Panorama e Tendências do Desmatamento na Amazônia Legal**

Neste capítulo, é inicialmente apresentado um histórico da ocupação do território amazônico, das políticas de desenvolvimento adotadas e do reflexo dessas políticas sobre o nível do desmatamento nos estados da Amazônia Legal. Em seguida, são expostas algumas estatísticas a respeito da trajetória do desmatamento nos estados e municípios dessa região. Por fim, busca-se evidenciar a relação do desmatamento com os preços agrícolas e com a mudança de uso da terra na Amazônia Legal.

As análises desta seção vão além de uma revisão de literatura, uma vez que são apresentados dados sobre o desmatamento nos estados e municípios na Amazônia Legal, bem como os movimentos de preços nos mercados agrícolas, expansão da soja e do efetivo bovino.

### **2.1. Ocupação, Políticas Governamentais e Desmatamento na Amazônia Legal**

A Amazônia Legal possui um território de 5.217.423 km<sup>2</sup>, equivalente a 61% do território nacional, compreendendo integralmente os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parcialmente o estado do Maranhão<sup>4</sup> (SUDAM, 2010) (Figura 3). Em comparação com o Centro-Sul e o Nordeste, a Amazônia Legal é uma região de ocupação territorial recente na história

---

<sup>4</sup> Na verdade, como observado na Figura 3, uma pequena porção do norte de Goiás está compreendida na Amazônia Legal, contudo, pela irrelevância dessa área, esse estado não é usualmente considerado parte dessa região para fins práticos e acadêmicos.

brasileira, dadas as grandes distâncias dos principais centros políticos e econômicos do Brasil, dos eixos de colonização que se desenvolveram no litoral do nordeste e sudeste e da carência de infraestrutura de transporte.



Figura 3 – Mapa político da Amazônia Legal Brasileira.

Fonte: World Resource Institute – WRI (2011).

O ciclo econômico da borracha promoveu uma ocupação inicial do espaço Amazônico no final do século XIX e início do XX. Depois do declínio desse ciclo, na década de 1910, o processo de desenvolvimento dessa região se estagnou até a década de 1950 (ANDERSEN et al., 2002), enquanto as outras regiões brasileiras, sobretudo o sudeste e sul, apresentaram uma trajetória de crescimento e desenvolvimento econômico. Visando diminuir as diferenças nos níveis de desenvolvimento entre as regiões brasileiras, ações do Governo Federal têm sido aplicadas desde a metade do século XX na Amazônia brasileira.

Essas ações se deram a partir dos investimentos iniciais em infraestrutura de transporte, bem como o deslocamento do eixo político para o centro do país com o advento de Brasília, no final da década de 1950. Aliado a isso, houve estímulo à ocupação da região por parte dos governos militares nas décadas de 1960 e 1970, quando se iniciou um processo mais intensivo de modificação do espaço amazônico. Essas medidas contribuíram para fortalecer o processo de desmatamento a partir das

décadas de 1960 e 1970, por meio de políticas de desenvolvimento que visavam a ocupação do território norte do país (CATTANEO, 2002).

Com a criação da Superintendência de Desenvolvimento de Amazônia – Sudam em 1966, incentivos fiscais foram estabelecidos para investimentos dentro da Amazônia Legal por meio do Fundo de Investimento da Amazônia – Finam, com enfoque no setor madeireiro e pecuária (REPETTO, 1988). Diante disso, a ocupação da Amazônia durante os anos subsequentes teve um impacto positivo sobre o desmatamento. Esses incentivos fiscais foram reduzidos em 1991, porém, aqueles concedidos a projetos anteriores a esse ano não sofreram mudanças. Além de incentivos fiscais, o governo federal concedeu crédito agrícola subsidiado (REPETTO, 1988) e promoveu a construção de rodovias (ANDERSEN et al, 2002). Esse cenário perdurou até 1984, quando, diante da crise da dívida dos anos oitenta, a participação do estado como indutor desenvolvimento brasileiro diminuiu. Do total de incentivos concedidos de 1966 a 1983, 37% foram alocados em 49 projetos de processamento de madeira e 42% foram aplicados em 470 projetos relacionados ao setor de carnes (REPETTO, 1988), indicando que a pecuária era uma das principais atividades estimuladas naquele período.

As políticas de desenvolvimento da Amazônia Legal foram aplicadas por meio de dois eixos principais: o físico, na forma de construção de rodovias; e o econômico, por meio da expansão da complementaridade inter-regional com o restante do país. Foram priorizados nesse processo de desenvolvimento os setores em que a região apresentava vantagens comparativas, ligados ao setor primário, tais como madeira, minérios, agropecuária e pesca industrial (LIRA et al., 2009).

Cabe destacar o papel da construção de rodovias no processo de ocupação e desmatamento na Amazônia Legal. Ao longo das rodovias construídas nas décadas de 1960 e 1970, foram estabelecidas diversas colônias agrícolas, conhecidas como agrovilas. A partir dessas estradas, partiam estradas secundárias que ligavam áreas mais no interior da floresta. Entre essas rodovias, destacam-se a BR-163, no trecho Cuiabá-Santarém, a BR-010, conhecida como Belém-Brasília, e a BR-230, conhecida como rodovia Transamazônica, entre outras.

Ainda segundo Lira et al. (2009), essas políticas que visavam à complementaridade econômica entre a Amazônia Legal e o restante do país constituíram estratégias do Governo Federal para lidar com o choque do petróleo de 1973. Naquele contexto, a estratégia principal era promover as exportações e reduzir as importações por meio de substituição a fim de garantir o equilíbrio nas contas externas. Assim, houve a implementação de três polos de desenvolvimento intensivos em capital.

O primeiro polo compreendia a Zona Franca de Manaus – ZFM, que estava acoplado à política de substituição de importações por meio, principalmente, da montagem de produtos eletrônicos. Os demais polos, polo mineral do Pará e polo agropecuário (Oeste, Norte e Leste do Mato Grosso e Leste e Sudeste do Pará), tinham uma orientação de gerar divisas por meio de exportações. A escolha da área desses dois polos se deu por questões associadas aos recursos naturais disponíveis. No caso do polo agropecuário, outros fatores importantes foram a proximidade relativa da região centro-sul, se situar numa área marginal adjacente à fronteira agrícola e ter melhores condições de acesso.

De acordo com Sathler et al. (2009), houve uma expansão urbana ao longo das principais rodovias que passam pelas porções sul, sudoeste e Leste da Amazônia Legal, bem como no trecho do rio Amazonas que vai de Manaus a Belém. Do ponto de vista agrícola, a ocupação também se deu ao longo das principais rodovias nas porções sul, sudoeste e leste da região.

Essas políticas de desenvolvimento e ocupação tiveram impactos expressivos sobre a mudança do uso da terra na Amazônia Legal e, conseqüentemente, sobre os níveis de desmatamento. De acordo com Fearnside (2005), o processo de desmatamento se intensificou a partir da década de 1970 com a introdução de um modelo de latifúndio na região que fora beneficiado por taxas de juros abaixo das praticadas no mercado e outros subsídios governamentais. Contribuiu sobremaneira para o processo de desmatamento da Amazônia o fato de a propriedade da terra, a qual garantia o recebimento dos recursos governamentais, estar condicionada à retirada da floresta. Assim, a ocupação da terra era motivada não só por sua capacidade de gerar renda, mas, também, pelo aumento da riqueza proporcionada pela posse da terra desmatada.

Se por um lado as políticas de desenvolvimento que incentivavam o desmatamento perderam força em meados da década de 1980 diante da conjuntura macroeconômica vigente naquele período, por outro lado, segundo Andersen et al. (2002), surge uma preocupação por parte do setor público em lidar com esse fenômeno a partir do final daquela década. Conflitos relacionados ao processo de desmatamento e o relatório do Banco Mundial que alertava para o desmatamento associado às políticas implantadas durante o governo militar figuravam como os principais motivadores dessa mudança (BARRETO; SILVA, 2010).

Como resposta, o Governo Federal suspendeu a concessão de novos financiamentos num período de 90 dias em toda a Amazônia Legal em 1988. A fim de medir o nível do desmatamento na Amazônia Legal, foi lançado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em 1989, o programa Prodes, com o intuito de medir o

desmatamento na Amazônia Legal a nível anual. Os resultados iniciais desse programa indicavam que o desmatamento na Amazônia Legal equivalia a 58% do estimado pelo Banco Mundial. Mesmo com esse resultado favorável, o Governo Federal cancelou todos os incentivos fiscais ao desmatamento; contudo, as políticas de distribuição de terra e crédito agrícola subsidiado continuaram a ser aplicadas (BARRETO; SILVA, 2010).

Corroborando essa mudança de rumo nas políticas, foram criadas 60 unidades de conservação na Amazônia Legal no período de 1989-1990, com uma área total de 22,8 milhões de hectares. De acordo com Walker et al. (2009), essas unidades de conservação têm um importante papel na redução do desmatamento na Amazônia Legal. Essas áreas são denominadas: Unidades de Proteção Integral (UPI), áreas sob responsabilidade federal ou estadual em que atividades econômicas não podem ser desenvolvidas; Unidades de Uso Sustentável (UUS), áreas sob responsabilidade federal ou estadual em que atividades econômicas ligadas ao extrativismo e uso racional dos recursos florestais podem ser desenvolvidas; e Reservas Indígenas (RI) (FERREIRA et al., 2005; WALKER, 2009). Em 2003, as áreas desmatadas na Amazônia Legal equivaliam a 16,5% do total, as UPIs correspondiam a 9,1%, as UUSs representavam 4,9% e as RIs, 20,4% (FERREIRA et al., 2005).

Ao longo da década de 1990, políticas foram implementadas em resposta a anos de grandes índices de desmatamento. Diante do grande aumento no desmatamento em 1995, o Governo Federal elevou de 50 para 80% a exigência de área de Reserva Legal nas propriedades dentro do Bioma Amazônico (ANDERSEN et al., 2002). Em 1998, ano em que ocorreram muitas queimadas, o Governo Federal aumentou o rigor da legislação ambiental por meio de prisões e aumento do valor das multas (BARRETO; SILVA, 2010).

Contudo, essas políticas surgiam como resposta a eventos extraordinários e não estavam relacionadas a um esforço de redução no desmatamento de longo prazo. Novamente, os altos índices de desmatamento nos anos de 2002 e 2003, diante da desvalorização cambial e aumento do preço das *commodities* agrícolas, motivaram a construção de novas políticas. Todavia, essas políticas tiveram um caráter menos emergencial e com escopo diferenciado, representadas no Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM). Segundo Barreto e Silva (2010), esse plano foi a primeira tentativa de um programa mais abrangente de combate ao desmatamento, uma vez que envolveu 11 ministérios e organizações respeitadas como a Polícia Federal.

Uma das principais ferramentas do PPCDAM surgiu em maio de 2004, o Deter, programa de monitoramento do desmatamento implementado pelo Inpe, semelhante ao Prodes, porém, apresentando objetivos diferentes. Esse programa de monitoramento promove o levantamento mensal do desmatamento a fim de atuar como sistema de alerta para suporte de fiscalização e controle.

Outras importantes ações ligadas ao PPCDAM foram: Inspeções de campo mais intensivas e focadas; embargo econômico de áreas ilegalmente desmatadas; e restrição de crédito aos agricultores que não cumprissem a legislação ambiental (BARRETO; SILVA, 2010). Na primeira ação, as fiscalizações foram direcionadas aos 36 maiores municípios desmatadores da Amazônia Legal (do total de 720), responsáveis por 50% do desmatamento total. Iniciado em março de 2008, as ações incluíam a aplicação de multas, confisco de bens e embargos de uso das áreas desmatadas. Como resultado, o número de bens confiscados e de áreas embargadas cresceu 53% em relação ao ano de 2007 nesses 36 municípios, ao passo que nos demais, esse crescimento foi de 11%. Associado a essa última ação, o embargo de áreas desmatadas ilegalmente incluía a proibição de venda de produtos originários dessa área. Esse último instrumento foi além de punir somente o produtor rural, pois aplicava penalidades aos outros agentes da cadeia que comprassem produtos agrícolas dessas áreas embargadas, sobretudo os frigoríficos.

A terceira política consistia na exigência de que, a partir de julho de 2008, os proprietários de áreas maiores que 400 hectares comprovassem que tinham o título da terra válido (ou estavam iniciando o processo de obtenção) e que tivessem o licenciamento ambiental para obter crédito agrícola. Dessa forma, essa política restringiu sobremaneira o acesso a crédito para aqueles produtores com maior probabilidade de realizar desmatamento ilegal (BARRETO; SILVA, 2010).

Dessa forma, o processo de ocupação da Amazônia Legal, em conjunto com as políticas adotadas, influenciou o desmatamento nessa região a partir da segunda metade do século XX. Mais recentemente, a partir de meados da década de 1980 é que o setor público passou a aplicar políticas de combate ao desmatamento. A partir desse processo de ocupação, verificou-se que as políticas afetaram sobremaneira o desmatamento dentro da Amazônia Legal.

## 2.2. Nível de Desmatamento nos Estados e Municípios da Amazônia Legal

Como se pode observar na Figura 4, os principais eixos de ocupação da Amazônia Legal coincidem com as principais áreas desmatadas até 2004, que compreendem basicamente o leste e sudeste do Pará, o oeste do Maranhão, o norte do Tocantins, o norte do Mato Grosso e o Leste de Rondônia. Essa região de desmatamento mais intensivo é denominada Arco do Desmatamento, região que teve seu processo de desenvolvimento relacionado às atividades agropecuárias e de mineração. Percebe-se, então, uma estreita relação entre as políticas aplicadas na década de setenta e o desmatamento subsequente. Assim, o processo de desmatamento tem se desenvolvido de maneira diferente dentro dos estados da Amazônia Legal devido a fatores tais como o tamanho do seu território, as distâncias dos grandes centros, a urbanização, as diferentes políticas de ocupação, entre outras variáveis geográficas, sociais e econômicas.

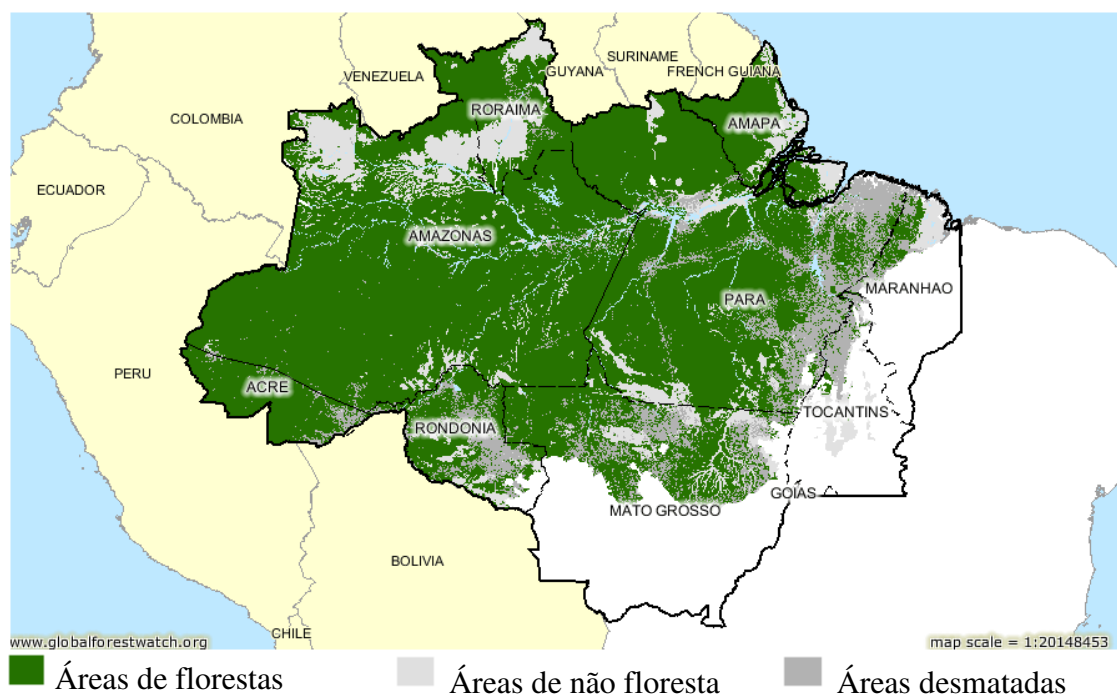


Figura 4 – Áreas de florestas, de não florestas e desmatadas<sup>5</sup> no bioma Amazônico em 2004.

Fonte: World Resource Institute – WRI (2011).

<sup>5</sup> A Amazônia Legal possui outros biomas além do Amazônico, sendo representados pela cor branca na Figura 5, compreendendo basicamente áreas do bioma cerrado. Dentro do próprio bioma Amazônico, há áreas em que a vegetação predominante não é de florestas fechadas, representadas na Figura 3 pela cor cinza clara. Essas áreas são ocupadas por uma vegetação semelhante ao Cerrado, e ocupam a porção norte da Amazônia Legal, principalmente nos estados de Roraima e Amazonas.

As políticas aplicadas para a Amazônia Legal tiveram um forte caráter estrutural, influenciando o crescimento da economia nos diferentes estados, bem como sua vocação econômica. O fenômeno do desmatamento também foi influenciado por essa questão estrutural. Essa influência se deu de duas formas. Num primeiro momento, foram as próprias políticas que induziram o desmatamento nas décadas de 1960, 1970 e até meados da década de 1980. Num segundo momento, mesmo com a redução dessas políticas nos últimos 25 anos, a vocação de grandes áreas continuou direcionada para o setor primário, uma vez que o modelo de desenvolvimento voltado para esse setor não foi substituído.

Os estados em que o desenvolvimento foi direcionado para o setor agropecuário apresentaram os maiores níveis de desmatamento nos últimos anos (Tabela 2). Os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia apresentaram as maiores médias de desmatamento de 1989 a 2010, sendo responsáveis por 82,61% da área desmatada no período. O estado do Amazonas, onde fora instalada a ZFM, bem como os estados em que as políticas de desenvolvimento não foram tão expressivas apresentaram médias de desmatamento relativamente baixas, compreendendo, em média, menos de 18% do desmatamento da Amazônia Legal.

Tabela 2 – Média, participação e crescimento do desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira de 1989 a 2010

	Média (km <sup>2</sup> )	Participação (%)	Crescimento anual (%)	
			1989 – 2010	2000 – 2010
AC	515	3,11	-2,80	-13,70
AM	814	4,92	-1,00	-5,90
AP	73	0,44	-	-
MA	927	5,60	-0,30	-3,10
MT	5866	35,43	-3,90	-22,30
PA	5543	33,49	0,73	-5,10
RO	2266	13,69	-2,80	-19,00
RR	265	1,60	-	-
TO	302	1,83	-10,50	-14,20
<b>AL</b>	<b>16554</b>	<b>100,00</b>	<b>-1,50</b>	<b>-11,40</b>

Fonte: INPE (2010). Elaborado pelo autor.

\*Os dados para o Amapá e Roraima apresentaram valores nulos em alguns anos, impossibilitando o cálculo da taxa de crescimento média do desmatamento para esses estados.

De maneira geral, o processo de desmatamento tem se reduzido nas últimas duas décadas, apresentando uma taxa de crescimento negativa de 1,5%. Esse processo de

redução se intensificou nos anos 2000, em que a taxa média de crescimento do desmatamento foi de -11,4%. Destaca-se na última década a redução do desmatamento nos estados do Mato Grosso, Rondônia, Tocantins e Acre, que apresentaram taxas de crescimento negativas de mais de dois dígitos. A queda vertiginosa no desmatamento nesses estados tem causas diferentes. O estado do Tocantins apresentava pequena área original relativa de floresta e, já em 2004, apresentava poucas áreas remanescentes (Figura 4). Dessa forma, é natural que o desmatamento se reduzisse nesse estado, uma vez que há poucas áreas a serem desmatadas.

No caso de Mato Grosso e Rondônia, as expressivas taxas de redução do desmatamento podem estar associadas ao fato de esses estados apresentarem altos índices de desmatamento absoluto, o que faz com esses estados sejam alvos preferenciais de políticas de redução, como as aplicadas nos últimos anos. Ademais, a menor área remanescente de florestas absoluta, Figura 4, levaria à diminuição do desmatamento, uma vez que as áreas de florestas se tornam mais escassas (ANGELSEN; KAIMOWITZ, 1999). O estado do Acre, por seu turno, tem um amplo histórico de preservação ambiental e uso sustentável da floresta, o que pode ter contribuído para a redução verificada.

A Figura 5 expõe a trajetória do desmatamento na Amazônia Legal ao longo das últimas décadas. Percebem-se comportamentos distintos entre os estados dessa região, com Acre (a), Amazonas (b), Mato Grosso (e) e Rondônia (g) apresentando trajetórias semelhantes de desmatamento ao longo do tempo, com picos em 1995 e 2003 e/ou 2004. Isso se deve ao fato de esses estados estarem próximos e apresentarem dinâmicas semelhantes.

Maranhão (d) e Pará (f) apresentaram dinâmicas diferentes dos estados citados anteriormente e semelhantes entre si. Apesar das reduções do desmatamento nos últimos anos nesses estados, não se observou nenhuma tendência de decréscimo definida ao longo dos anos expostos. Os picos de 1995 e 2003/2004 não foram tão discrepantes em relação aos estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia, o que sugere, para o último extremo relativo, que os preços das *commodities* não afetam tanto o desmatamento no Maranhão e Pará. De fato, acredita-se que a dinâmica do desmatamento nesses estados seja semelhante, pautada na ocupação da floresta por pecuaristas e assentados da reforma agrária.

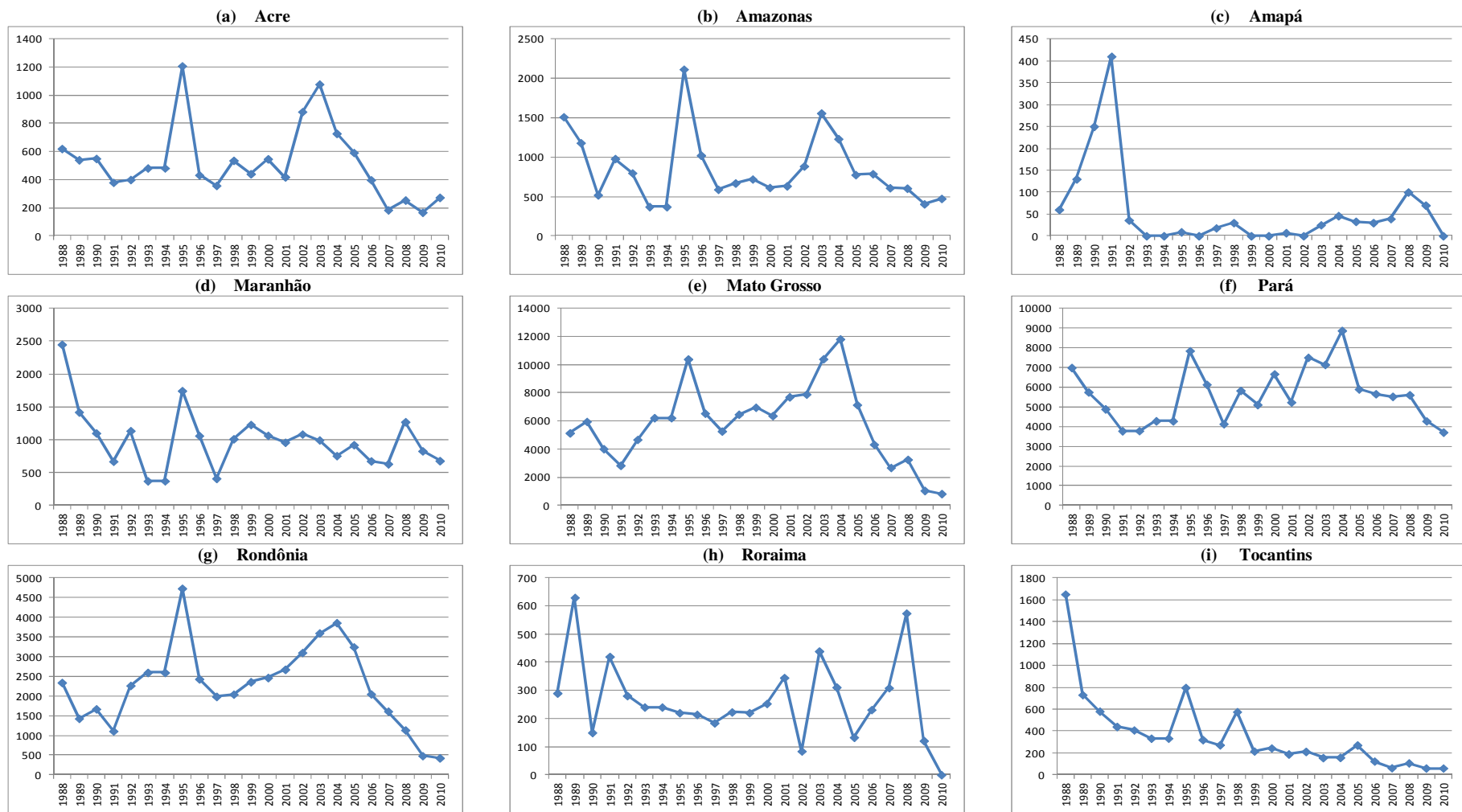


Figura 5 – Trajetória do desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira em km<sup>2</sup> de 1988 a 2010: Acre (a), Amazonas (b), Amapá (c), Maranhão (d), Mato Grosso (e), Pará (f), Rondônia (g), Roraima (h) e Tocantins (i).

Fonte: INPE (2010). Elaborado pelo autor.

Os estados do Amapá e do Tocantins apresentaram forte tendência de queda do desmatamento ao longo das últimas duas décadas. Contudo, a dinâmica do desmatamento nesses dois estados é diferente. As áreas de floresta no Tocantins tornaram-se escassas diante da ocupação territorial, o que, conseqüentemente, reduziu o desmatamento. No caso do Amapá, o desmatamento não foi expressivo pelo fato de esse estado não possuir vocação agrícola. Por fim, o estado de Roraima (h) apresentou trajetória do desmatamento diferente dos demais estados, não sendo observado o pico de 1995 e 2003. O pico mais relevante verificado nos últimos anos foi o de 2008, ano em que os preços do arroz no mercado internacional, uma das principais culturas agrícolas do estado, estavam em alta.

É observado um contraste entre as políticas públicas e desmatamento em alguns estados observados. A redução dos incentivos no final da década de 1980 e início da de 1990 é evidenciada pela redução do desmatamento nos estados do Amazonas (b), Maranhão (d), Pará (f), Rondônia (g) e Tocantins (i). Após o pico de 1995, o desmatamento caiu nos estados em que esse fenômeno foi observado, o que pode ter sido consequência do aumento da área de reserva legal no bioma Amazônico em 1996.

Como tendência mais expressiva observada nos últimos anos, está a redução no desmatamento em praticamente todos os estados a partir de 2005, o que poderia estar associado aplicação de políticas mais contundentes por parte do Governo Federal. De maneira geral, essa redução foi observada com maior intensidade nos anos de 2009 e 2010, o que pode estar associado às políticas de fiscalização mais focadas, embargo de áreas ilegais e maior restrição na concessão de crédito.

Ao se analisar o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal, percebe-se que ele foi bastante heterogêneo. O percentual médio da área de floresta nos municípios da região diminuiu em 5 pontos percentuais de 2002 para 2008

Tabela 3), tendo sido essa tendência observada em todos os estados da região. Os estados do Amazonas e Acre, respectivamente, apresentaram as maiores médias de áreas relativas de floresta em ambos os anos. Em seguida, estão o Amapá, Roraima, Rondônia, Pará, Mato Grosso, Maranhão e Tocantins. Como foi constatado na Figura 4, poucas áreas desses dois últimos estados estão inseridas dentro do bioma da floresta Amazônica, o que explicaria o baixo percentual de florestas sobre a área total. Já o baixo percentual médio de florestas nos municípios dos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará é explicado pelo modelo de desenvolvimento voltado para a agropecuária, bem como por estarem situados no chamado Arco do desmatamento, onde

as condições de acesso são melhores, favorecendo a ocupação territorial e a mudança do uso da terra por meio do desmatamento. O baixo percentual de florestas nos municípios do Mato Grosso também está relacionado ao fato de esse estado não possuir tantas áreas inseridas no bioma Amazônico, a exemplo do Tocantins e Maranhão. O restante dos estados apresentou médias relativamente altas, explicadas pelas piores condições de acesso, por possuírem grande parte de seus territórios inseridos no bioma Amazônico e pela ausência de políticas de desenvolvimento e ocupação territorial no caso do Acre, Amapá, e Roraima.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas do percentual remanescente de florestas nos municípios da Amazônia Legal brasileira, por Estado

Estados	Média		Mínimo		Máximo		Desvio		CV (%)	
	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008
<b>Acre</b>	81,20	72,05	43,53	28,96	98,33	97,81	17,97	24,21	22,13	33,60
<b>Amazonas</b>	84,63	77,79	4,65	4,52	99,00	97,54	18,49	19,99	21,85	25,70
<b>Amapá</b>	64,10	49,72	22,16	15,40	99,06	85,11	27,28	23,22	42,56	46,70
<b>Maranhão</b>	27,08	23,77	0,00	0,00	100,00	100,00	32,35	31,64	119,45	133,12
<b>Mato Grosso</b>	29,02	24,84	0,00	0,00	95,27	86,71	27,64	24,06	95,24	96,87
<b>Pará</b>	37,58	29,90	0,00	0,00	96,02	92,55	32,98	28,52	87,77	95,39
<b>Rondônia</b>	43,25	36,21	7,82	5,14	84,33	77,86	22,86	21,13	52,86	58,36
<b>Roraima</b>	60,20	42,48	4,18	3,16	95,57	89,71	33,77	28,29	56,10	66,60
<b>Tocantins</b>	4,26	3,49	0,00	0,00	27,01	21,81	6,38	5,26	149,89	150,63
<b>Amazônia Legal</b>	<b>33,83</b>	<b>28,83</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>34,39</b>	<b>31,40</b>	<b>101,64</b>	<b>108,93</b>

Fonte: Inpe (2010). Elaborado pelo autor.

A heterogeneidade, medida pelo Coeficiente de Variação – CV<sup>6</sup>, também aumentou de 2002 para 2008, evidenciando que o desmatamento foi mais intenso em determinados municípios do que em outros. No estado do Pará, por exemplo, o CV passou de 87,77 % para 95,39%, o que indica que a diferença das áreas de florestas entre os municípios aumentou, ou seja, alguns municípios diminuíram a área percentual de florestas em um nível maior do que outros. Os estados do Amazonas e do Acre apresentaram os menores CV, ou seja, apresentaram menores diferenças, em média, entre os seus municípios, caracterizando um processo mais homogêneo. Maranhão e Tocantins tiveram o maior CV, uma vez que possuem menores porções do bioma da

<sup>6</sup> O Coeficiente de Variação é uma medida de variação relativa percentual construída por meio da divisão do desvio padrão pela média.

floresta Amazônica e, conseqüentemente, maior heterogeneidade entre os municípios que estão dentro do bioma com aqueles que se encontram fora.

### **2.3. Preços Agrícolas, Mudança no Uso da Terra e Desmatamento**

A atividade agropecuária faz uso intensivo do fator terra em comparação com outras atividades econômicas, por isso, mudanças no desempenho dessa atividade podem mudar o padrão do uso da terra e afetar o nível de desmatamento. Assim, as políticas estruturais voltadas para a agropecuária postas em prática desde a década de 1960 na Amazônia Legal favoreceram o desmatamento, na medida em que criaram as bases para o fortalecimento do setor agropecuário.

No caso da Amazônia Legal brasileira, são apontadas como motivadoras do desmatamento a pecuária de corte (WALKER et al., 2000; KAIMOWITZ et al., 2004; FEARNSSIDE, 2005; SOARES-FILHO et al., 2005; NEPSTAD et al., 2008; DINIZ et al., 2009; PRATES; SERRA, 2009; RIVERO et al., 2009; SILVA, 2009) e a expansão da lavoura de soja (SOARES-FILHO et al., 2005; NEPSTAD et al., 2008; DINIZ et al., 2009; SILVA, 2009; ARIMA et al. 2011). Há divergências na literatura sobre os motivadores do desmatamento: trabalhos mais antigos enquadram a pecuária bovina como principal causa do desmatamento, enquanto trabalhos mais recentes sugerem que a expansão da soja, em conjunto ou não com a pecuária de corte, influencia o desmatamento.

Propõe-se, contudo, que o fenômeno do desmatamento esteja ligado a ambos os setores ao longo das últimas duas décadas. Na Figura 6, estão expostas as trajetórias do desmatamento associado aos preços defasados em um ano da soja e do boi no Brasil nas duas últimas décadas. A escolha dos preços defasados é justificada pela incerteza dos produtores rurais em relação à rentabilidade corrente da atividade. Dessa forma, as informações de preços da safra anterior são utilizadas na decisão corrente. Outra justificativa para essa abordagem de preços defasados é sua relação com o acúmulo de capital por parte dos produtores rurais em um período anterior, que influenciaria o mercado de terras, a expansão da fronteira agrícola e o desmatamento.

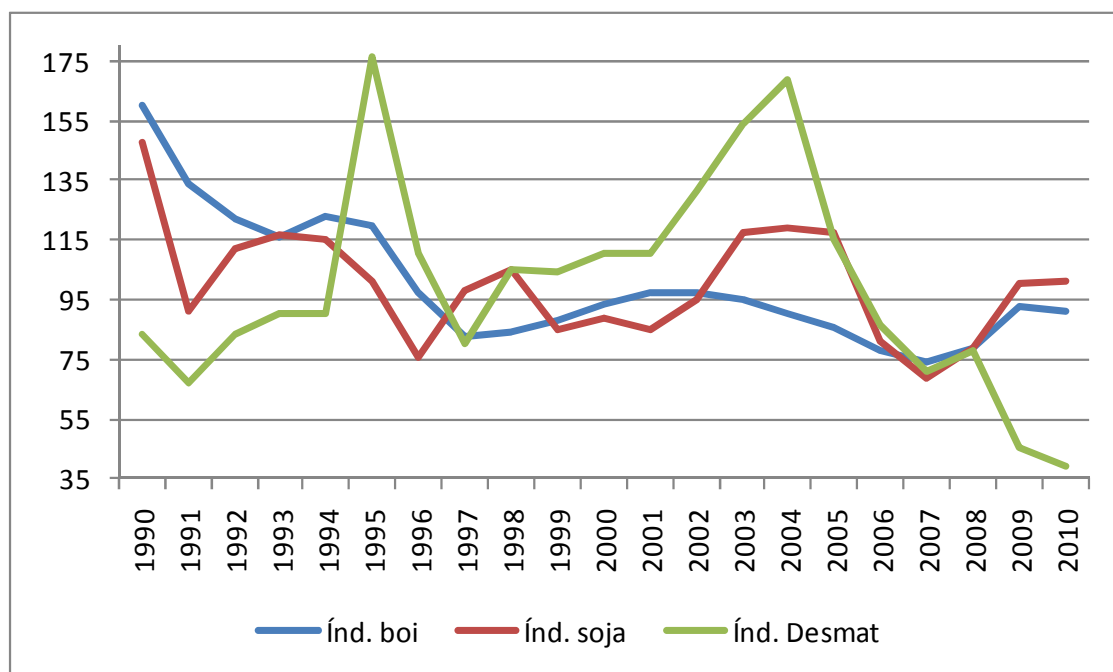


Figura 6 – Índices de preços de boi e da soja nacional e de desmatamento da Amazônia Legal de 1990 a 2010<sup>7</sup>.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FGV (2011), INPE (2010) e IPEA (2011).

Diante da evolução dos índices listados na Figura 6, percebe-se que o desmatamento está aparentemente mais relacionado com os movimentos de preços da soja. De fato, das 20 variações observadas, 16 vezes o desmatamento moveu-se no mesmo sentido que o preço da soja, enquanto para o preço do boi, isso ocorreu apenas metade das vezes. As principais exceções para esse padrão foram os anos de 1995, 2009 e 2010. Fearnside (2005) argumenta que o grande “boom” no desmatamento no ano de 1995 foi decorrente do cenário econômico após o Plano Real, quando os expressivos aumentos do consumo e do crédito impactaram no aumento do desmatamento, uma vez que mais produtos agrícolas eram demandados e se tinha facilidade em conseguir financiamento. A redução do desmatamento nos anos de 2009 e 2010, em detrimento do aumento dos preços da soja e do boi, pode ser consequência das políticas listadas por Barreto e Silva (2010), que foram aplicadas a partir de 2008 e tinham como características o foco nas áreas com maiores históricos de desmatamento, no embargo de áreas desmatadas ilegalmente e na proibição de concessão de crédito para áreas irregulares.

<sup>7</sup> Os índices foram elaborados dividindo o valor da variável do respectivo ano pela a média no período de 1990 a 2010 e multiplicando por 100. Optou-se por essa transformação a fim de comparar o preço do boi em R\$/@, o preços da soja em R\$/sc e o desmatamento em km<sup>2</sup>. Os preços foram deflacionados pelo IGP-DI obtidos no Ipea.

Percebe-se, assim, um comportamento muito próximo do desmatamento com o preço da soja de 1999 a 2008. De fato, a partir de 1999, com a desvalorização cambial, a soja brasileira se tornou mais competitiva no mercado internacional, levando a um aumento da produção e consolidando os canais de comercialização do grão.

Observa-se na Figura 7 que a área plantada com soja no Brasil se elevou de forma sustentada ao longo das últimas duas décadas, apresentando uma taxa de crescimento média anual de 4,95%, passando de 11,6 milhões de hectares em 1990 para 21,8 milhões de hectares em 2009. O crescimento da área de soja no Brasil foi mais acentuado a partir de 2001. A área plantada de soja na Amazônia Legal cresceu com taxa mais robusta, 9,55% ao ano, passando de cerca de 1,6 milhões de hectares em 1990 para próximo de 6,5 milhões de hectares em 2009. A participação da área de soja na Amazônia Legal no total brasileiro passou de 13,83% em 1990 para 29,76% em 2009. Dessa forma, houve um avanço da lavoura de soja sobre a Amazônia Legal, não necessariamente sobre a área de floresta, uma vez que a Amazônia Legal é constituída por outros biomas, como o cerrado.

O rebanho bovino no Brasil apresentou taxas de crescimento menos expressivas, cerca de 2% ao ano, passando de cerca de 140 milhões de cabeças em 1990 para próximo de 205 milhões de cabeças em 2009 (Figura 8). Analisando somente a trajetória da Amazônia Legal, observa-se que esse crescimento foi mais acentuado, apresentado taxa média de crescimento de 6% ao ano, passando de 25,8 milhões de cabeças em 1990 para 74 milhões de cabeças em 2009. Dessa forma, a participação da Amazônia Legal no total do rebanho bovino passou de 17,51% em 1990 para 36,09% em 2009. Esse crescimento se deu principalmente no estado do Mato Grosso e no sul do Pará.

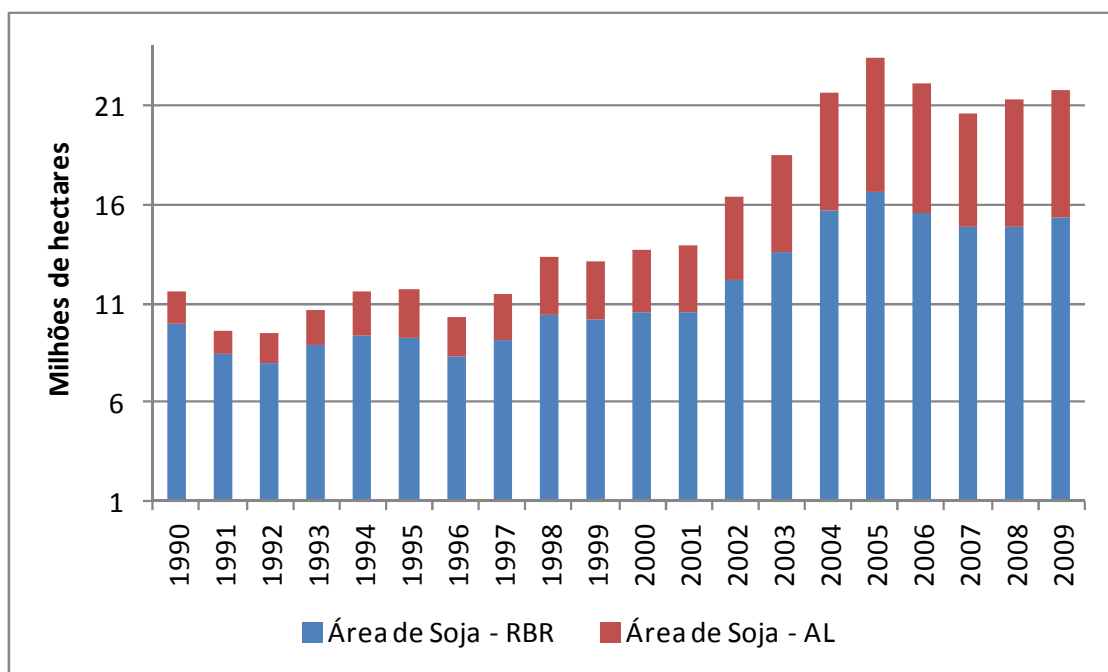


Figura 7 – Evolução da área plantada de soja na Amazônia Legal (AL) e no resto do Brasil (RBR) de 1990 a 2009.

Fonte: IBGE (2011a).

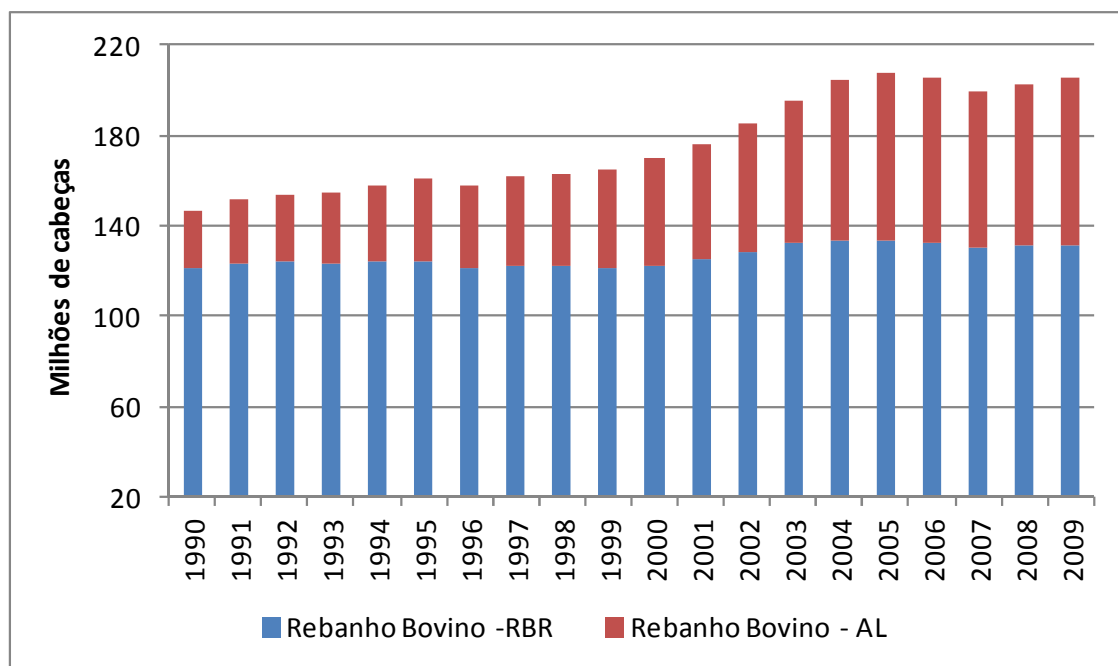


Figura 8 – Evolução do rebanho na Amazônia Legal (AL) e no resto do Brasil (RBR) de 1990 a 2009.

Fonte: IBGE (2011b).

Podem-se constatar alguns padrões para as variações do desmatamento, dos preços da soja, dos preços do boi, das lavouras de soja e do efetivo bovino no Brasil como um todo e na Amazônia Legal. Primeiramente, a soja apresentou forte expansão a

nível nacional, enquanto o crescimento do rebanho bovino nacional foi relativamente pequeno. Tanto a lavoura de soja quanto o efetivo bovino apresentaram taxas de crescimento maiores dentro da Amazônia Legal do que no restante do país. Assim, os preços da soja, a área plantada e o efetivo bovino estariam relacionados com o desmatamento. Contudo, como se verificou na Figura 6, o preço do boi parece não estar relacionado com o desmatamento na Amazônia Legal.

Para se entender essas relações, uma abordagem mais aprofundada sobre o papel de cada atividade econômica agrícola sobre o desmatamento se faz necessária. A pecuária de corte sempre teve um papel secundário e complementar aos ciclos econômicos brasileiros direcionados para a atividade primária desde o período colonial, contribuindo para interiorização da ocupação do território, com um caráter eminentemente desbravador. Apesar do declínio dos ciclos econômicos principais, a pecuária de corte continuou como importante atividade secundária ao longo dos séculos.

Com o desenvolvimento do ciclo da soja, a atividade pecuária também se posicionou como atividade complementar no que tange ao uso do solo. As áreas outrora ocupadas com pastagens fora da Amazônia Legal foram ocupadas por soja, levando à ocupação e, conseqüentemente, ao desmatamento dentro dessa região. Esse processo ocorreu por meio da capitalização dos pecuaristas mediante a venda de terras no Centro-Sul do Brasil. Assim, foram possíveis os investimentos em terras na área da fronteira agrícola. Contribuem para esse cenário os incentivos governamentais para a ocupação do território amazônico discutidos anteriormente. Mais recentemente, esse processo de avanço da soja sobre pastagens vem ocorrendo dentro da própria Amazônia Legal, dado o crescimento da área plantada de soja nessa região, como observados na Figura 7.

Esse processo é denominado Mudança Indireta do Uso da Terra – MIUT, em que, neste caso, o desmatamento é associado a mudanças no mercado da soja, levando a uma substituição de pastagens por lavouras, fazendo com que essas pastagens avancem sobre áreas de florestas. Esse processo já foi verificado empiricamente por Arima et al. (2011), em que testes estatístico-espaciais comprovaram que a substituição de pastagens por lavouras de soja faz com as pastagens avancem para as florestas da Amazônia Legal brasileira.

A dinâmica do mercado de soja, na forma de mudança de preços, afeta a rentabilidade do setor no Brasil, o que aumenta o custo de oportunidade das pastagens e leva à valorização da terra. A pecuária, que faz uso intensivo de terra, se transfere para áreas em que a terra é menos valorizada. Assim, é o mercado da soja que motiva o desmatamento. Contudo, o desmatamento não é totalmente desligado da pecuária

bovina. Entende-se, então, que a pecuária se configura como vetor desse processo, ou seja, a partir do qual ele vai se manifestar.

## **3. Referencial Teórico**

Neste capítulo, são apresentadas as bases teóricas utilizadas no desenvolvimento desse trabalho. Primeiramente, são expostas as teorias que buscam definir as causas diretas e subjacentes do desmatamento. Em seguida, é desenvolvido um modelo microeconômico que explica o desmatamento como uma decisão de investimento em áreas de fronteira agrícola. Posteriormente, é apresentado o modelo de causas estruturais e políticas associadas ao desmatamento, do qual emerge a abordagem dos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento. Por fim, é feita uma síntese das teorias aqui apresentadas.

### **3.1. Causas Diretas e Subjacentes do Desmatamento**

Os modelos de causas do desmatamento foram analisados no trabalho de revisão de Angelsen e Kaimowitz (1999), em que foi realizada uma síntese de cerca de 140 trabalhos, constatando que as variáveis que influenciam o desmatamento se encontram em dois níveis de análise (Figura 9). O primeiro nível de influência é o imediato, diretamente relacionado com as decisões dos agentes econômicos do desmatamento. Entre os parâmetros de decisão desse nível estão compreendidos aqueles pertencentes às dimensões das instituições, infraestrutura, mercados e tecnologia. O segundo nível de influência se dá de modo subjacente ou indireto, relacionado à variáveis no nível microeconômico e aos instrumentos de política.

Angelsen e Kaimowitz (1999) listam como causas imediatas do desmatamento os preços dos produtos agrícolas, os preços dos insumos agrícolas, as rendas não agrícolas da população rural, a disponibilidade de crédito rural, o progresso tecnológico

nas fronteiras agrícolas, a acessibilidade e estradas, o regime de direitos de propriedade e os preços da madeira. Como causas subjacentes estão o crescimento da população, o nível de renda, o crescimento econômico, o progresso tecnológico da economia como um todo, a dívida externa, a liberalização econômica e a política cambial.

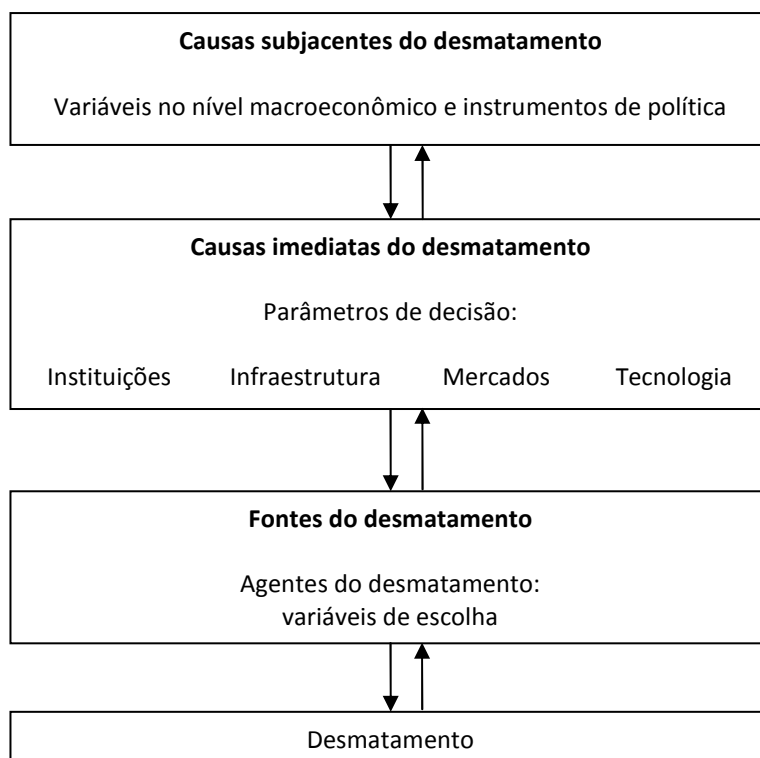


Figura 9 – Causas imediatas e causas subjacentes do desmatamento.

Fonte: Angelsen e Kaimowitz (1999).

De maneira geral, as variáveis subjacentes influenciam as do nível imediato, que, por sua vez, influenciam as decisões dos agentes econômicos relacionadas ao desmatamento. Contudo, como salientado por Angelsen e Kaimowitz (1999), um movimento contrário a esse fluxo também ocorre dentro de um processo de retroalimentação em que as decisões dos agentes podem influenciar, por exemplo, os preços nos mercados relacionados ao desmatamento, no nível imediato, e a formulação de políticas para o setor florestal, no nível subjacente. Portanto, pode haver uma relação endógena entre o desmatamento e as variáveis nos níveis imediato e subjacente.

Geist e Lambin (2002) também dividem as causas do desmatamento em imediatas<sup>8</sup> e subjacentes. As imediatas estão associadas às atividades humanas ou ações imediatas a nível local, como a expansão agrícola relacionada ao uso da terra. Já as forças subjacentes são aquelas relacionadas à dinâmica populacional e à política agrícola. Geist e Lambin (2002) ressaltam que as causas subjacentes podem ocorrer tanto a nível local, nacional ou global.

Dessa forma, o desmatamento na Amazônia Legal brasileira pode ser influenciado por causas subjacentes associadas a mudanças no uso da terra em outras regiões do país, bem como em outros países, o que é denominado Mudança Indireta no Uso da Terra - MIUT. Nesse processo, ressalta-se que, ao contrário do que propõem Angelsen e Kaimowitz (1999), os preços de alguns produtos agrícolas podem ser classificados como causas subjacentes, desde que o produto em questão não seja cultivado (ou cultivado em pequena escala) na área de fronteira agrícola. Assim, uma variação positiva (negativa) do preço de um produto agrícola, como a soja, levaria a uma mudança no padrão do uso da terra em áreas de agropecuária já estabelecida, fazendo com que outras atividades associadas ao desmatamento, como a bovinocultura de corte, intensifiquem (reduzam) a pressão na área de fronteira agrícola.

### 3.2. Desmatamento como Decisão de Investimento

Angelsen (1999) desenvolveu um modelo a fim de entender a decisão econômica do desmatamento. Esse trabalho parte do pressuposto de que o desmatamento, como consequência da expansão da fronteira agrícola, tem que ser tratado como uma decisão de investimento. Visando modelar a decisão dos agentes econômicos em realizar o desmatamento, Angelsen (1999) propôs quatro abordagens: **a) subsistência:** a produção agrícola direciona-se para o autoconsumo da propriedade, não há um mercado de trabalho e o desmatamento não gera direito de propriedade; **b) Chayanoviana:** a produção é maior que a subsistência, o agente econômico deve escolher a alocação do tempo entre trabalho e lazer, existe um mercado de trabalho restrito e o desmatamento não gera direito de propriedade; **c) economia aberta pequena e propriedade privada:** produção maior que a subsistência visando maximizar o lucro, mercado de trabalho perfeito e o desmatamento não gera direito de

---

<sup>8</sup> Angelsen e Kaimowitz (1999) e Geist e Lambin (2002) utilizam termos diferentes em língua inglesa para se referir a causas imediatas. Considerou-se que ambas as definições são bastante próximas e utilizou-se esse termo para efeito de padronização.

propriedade; e **d) economia aberta pequena e acesso livre:** produção maior que a subsistência visando maximizar o lucro, mercado de trabalho perfeito e o desmatamento gera direito de propriedade sobre a área.

Entre as quatro abordagens teóricas sugeridas por Angelsen (1999), a que mais se aproxima da realidade da Amazônia Legal brasileira, segundo Silva (2009), é da economia aberta pequena e de acesso livre, uma vez que o processo de desmatamento está associado à obtenção da titulação da terra. Essa abordagem pressupõe que os preços são exógenos, a população é determinada endogenamente, a produção é vendida em mercados e os direitos de propriedade não são definidos, estimulando o desmatamento para adquirir a posse da área. A adaptação do modelo de causas do desmatamento de Angelsen (1999) e de Silva (2009) está representada na Equação 1:

$$D = f[E((R^i - C^i) - (R^s - C^s))] \quad (1)$$

em que o desmatamento (D) está relacionado diretamente com a esperança da diferença entre os lucros oriundos do uso insustentável da terra<sup>9</sup> ( $R^i - C^i$ ) e inversamente ao lucro do uso sustentável ( $R^s - C^s$ ). Quanto maior a diferença entre a esperança do lucro insustentável e o lucro sustentável, maior será o desmatamento esperado.

Entre as receitas, ou serviços, oriundas do uso sustentável  $E(R^s)$ , podem-se citar as funções protetoras (biodiversidade, sequestro de carbono, estabilização climática e hidrológica) e o fornecimento de outros produtos florestais (exclusivo madeira). Entre os custos das atividades sustentáveis  $E(C^s)$ , estão os custos de preservação, os custos da atividade econômica sustentável e o custo de oportunidade de manter o estoque florestal em detrimento da receita obtida da venda de madeira e produtos agropecuários. Contudo, de acordo com Angelsen (1999), a relação econômica sustentável expressa na Equação 1 pode ser desconsiderada pelo fato de as receitas, ou serviços, das funções ambientais estarem fortemente relacionadas a serviços com características de bens públicos e serem, na maioria dos casos, ignoradas pelos agentes econômicos na tomada de decisão.

Assim, o desmatamento está positivamente relacionado com as rendas esperadas das atividades insustentáveis  $E(R^i)$ , que, por sua vez, estão associadas aos preços das

---

<sup>9</sup> Uso insustentável da terra está relacionado às atividades econômicas que necessitam da retirada da cobertura florestal para serem realizadas.

*commodities* agrícolas ( $P^a$ ), aos preços da madeira ( $P^m$ ) e a características associadas a cada estado ou município (CE), como exposto na Equação 2:

$$E(R^i) = f(P^a, P^m, CE) \quad (2)$$

Como características específicas de cada estado ou município (CE), podem-se citar a distância do estado de um grande mercado de produtos agrícolas, a área de estoque florestal, a população, a densidade populacional, a renda absoluta e *per capita*, as características edafoclimáticas, etc.

O custo da atividade econômica insustentável ( $E(C^i)$ ) é função do custo de limpeza da área a ser desmatada ( $C^l$ ), dos custos da produção agropecuária ( $C^a$ ), das políticas governamentais (PG), das variáveis institucionais (I) e dos custos de oportunidade da atividade agropecuária (CO) como exposto na Equação 3:

$$E(C^i) = f(C^l, C^a, PG, I, CO, ) \quad (3)$$

Como variáveis institucionais, têm-se as políticas de fiscalização, prevenção do desmatamento, legislação de direito de propriedade, etc. Entre as políticas governamentais, estão o acesso ao crédito agrícola subsidiado, a construção de estradas, etc. Como custos de oportunidade da atividade agrícola, podem-se citar, por exemplo, os salários obtidos no setor urbano.

Dessa forma, os agentes econômicos envolvidos no desmatamento maximizam o lucro esperado escolhendo o nível de desmatamento (D), considerando os preços agrícolas ( $P^a$ ) e os preços da madeira ( $P^m$ ), tendo como restrições as condições de cada estado ou municípios (CE), os custos agrícolas e de limpeza ( $C^a$ ,  $C^l$ ), as políticas governamentais (PG), o ambiente institucional (I) e os custos de oportunidades da atividade agrícola (CO), conforme a Equação 4:

$$\begin{aligned} & \text{Max}(E(\pi(P^a, P^m))) \\ & \text{com respeito a } D \quad (4) \\ & \text{s. a. } (CE, C^l, C^a, PG, I, CO) \end{aligned}$$

As variáveis que afetam o desmatamento podem ser divididas em três tipos, quais sejam: condições de mercado, influência política e condições iniciais (SILVA,

2009). Dentro do primeiro grupo, estão os preços dos produtos agrícolas, os preços da madeira e os custos associados ao desmatamento e à atividade agropecuária. Se os preços (custos) subirem (diminuírem), o desmatamento aumenta. Dentro do grupo de políticas estão as variáveis institucionais e as políticas de crédito. As variáveis institucionais podem influenciar o desmatamento de diversas maneiras, esperando-se uma redução no desmatamento, por exemplo, se a fiscalização aumentar, se políticas de proteção forem implementadas ou a legislação sobre a posse da terra se tornar mais rígida. Políticas de crédito agrícola subsidiado afetam o desmatamento positivamente. Por fim, no terceiro grupo, estão as características de cada estado ou município, como condições climáticas, característica do solo e distância do mercado consumidor.

### **3.3. Efeitos Líquidos das Políticas sobre o Desmatamento**

Buscando relacionar as causas do desmatamento com as políticas públicas, Combes Motel et al. (2009) introduziram a abordagem do desmatamento estrutural. Segundo esses autores, as causas estruturais são *“fatores de significativa influência sobre o desmatamento, que seguem fortes tendências e que têm pouca probabilidade de serem instrumentos do governo para a redução do desmatamento”* (COMBES MOTEL et al., 2009; p. 385). Em outras palavras, por causas estruturais do desmatamento entendem-se aquelas que, até certo grau, não correspondem a uma variável de escolha de alguma entidade política para a redução do desmatamento. Como pode ser observado na Figura 10, pressupõe-se que existam dois tipos de desmatamento do ponto de vista teórico (COMBES MOTEL et al., 2009). O primeiro tipo de desmatamento é o observado, correspondendo ao desmatamento que efetivamente ocorreu. O segundo tipo de desmatamento é o relacionado a causas estruturais, sendo esse não observado diretamente. Esse último seria a resposta padrão do desmatamento a variáveis geográficas, ambientais, sociais e econômicas não controladas pelos agentes formuladores de políticas nos estados da Amazônia Legal, tais como preços agrícolas, fluxos migratórios, características de clima e solo, distância do mercado, etc.

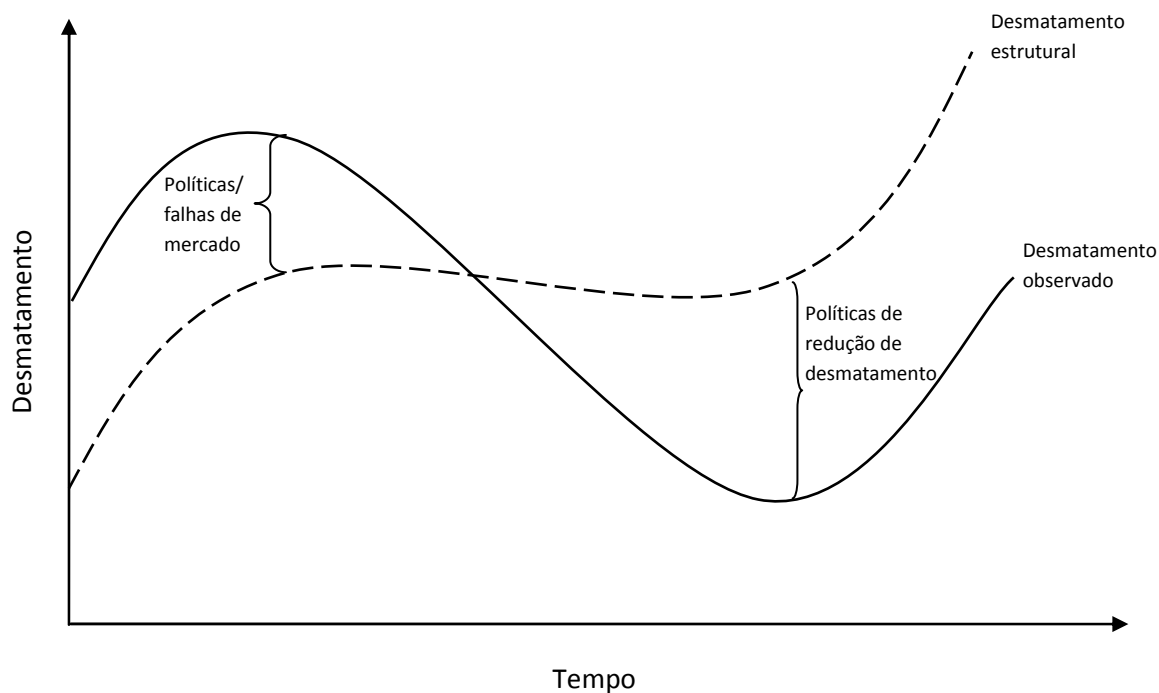


Figura 10 – Diferença entre o desmatamento estrutural e o observado causado pelos efeitos de políticas.

Fonte: Adaptado de Combes Motel et al. (2009).

Assim, num primeiro momento, o governo poderia promover políticas, por exemplo, de ocupação do território, ou ainda haver falhas de mercado, relacionadas ao fato de os serviços ambientais proporcionados pela floresta não serem recompensados pela sociedade, que faria com que o desmatamento observado fosse maior que o estrutural, evidenciando incentivo ao desmatamento (Figura 10). No decorrer do tempo, o governo poderia promover políticas de diminuição do desmatamento e, assim, o desmatamento estrutural seria maior que o desmatamento observado, indicando ter havido políticas que promovessem a redução. Cabe ressaltar, contudo, que várias políticas podem ser adotadas ao mesmo tempo, sendo que algumas teriam efeito positivo sobre o desmatamento e outras efeitos negativos, portanto, a diferença entre o desmatamento estrutural e o observado na Figura 10 corresponde a um efeito líquido das políticas sobre o desmatamento em determinado período de tempo, não ao efeito parcial de alguma variável política.

Como se pode perceber, essa abordagem configura uma análise residual entre o desmatamento estrutural e o desmatamento observado, sendo imperativa a definição das variáveis estruturais. De uma maneira geral, a diferença entre o desmatamento estrutural

e o observado configura um efeito líquido das políticas que afetam o desmatamento, como pode ser observado na Equação 5:

$$D^o \equiv D^e + ELP \quad (5)$$

em que o desmatamento observado ( $D^o$ ) é a soma do desmatamento estrutural ( $D^e$ ) com o desmatamento relativo aos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento (ELP). Essa última variável da identidade exposta na Equação 5 é obtida pela diferença entre o desmatamento observado e o estrutural. Se o valor de ELP for negativo (positivo), significa que o desmatamento estrutural foi maior (menor) que o observado, indicando ter havido efeitos líquidos negativos (positivos) das políticas sobre o desmatamento.

Apesar de ser uma abordagem recente no contexto do desmatamento, a análise de resíduos vem sendo amplamente utilizada na pesquisa econômica. A abordagem residual mais utilizada no contexto da economia é a da Produtividade Total dos Fatores – PTF, que se estabeleceu a partir do resíduo do modelo neoclássico de crescimento econômico desenvolvido por Solow em 1957.

Combes Motel et al. (2009) utilizaram variáveis tanto no nível imediato quanto subjacente, como as enumeradas por Angelsen e Kaimowitz (1999), e variáveis de condições de mercado e condição inicial propostas por Silva (2009), visando identificar entre essas variáveis aquelas que correspondem às causas estruturais do desmatamento. As variáveis de influência política de Silva (2009) não podem ser adicionadas às causas estruturais do desmatamento de Combes Motel et al. (2009), uma vez que se trata de ferramentas de políticas governamentais. Entre as variáveis de causa subjacente, são listadas como estruturais o desenvolvimento econômico, o crescimento econômico e o crescimento demográfico. Entre as variáveis imediatas, estão a área inicial de floresta, os preços das *commodities* agrícolas, os preços da madeira e eventos climáticos.

Entre as medidas e políticas domésticas que afetam o desmatamento observado, mas não o estrutural, estão as políticas públicas direcionadas para a redução do desmatamento e as políticas públicas de diversos propósitos (COMBES MOTEL et al., 2009). Entre as variáveis do primeiro tipo, estão medidas de conservação das florestas, leis de posse das terras, medidas contra o desmatamento ilegal e regras estritas contra a utilização dos recursos das terras. As medidas do segundo tipo são a infraestrutura de estradas, as mudanças na legislação trabalhista rural, a governança e as instituições e as políticas agrícolas (subsídios, crédito rural, reforma agrária), etc. O primeiro grupo de variáveis está relacionado diretamente com esforços de redução do desmatamento,

enquanto o segundo grupo está relacionado a medidas de incremento do desmatamento. Por fim, há as variáveis que estão relacionadas tanto a causas estruturais quanto a políticas, como a dívida externa, a taxa de câmbio real, o grau de liberalização da economia e as mudanças tecnológicas. Por simplificação, assume-se que esse último grupo de variáveis não afete o desmatamento estrutural, somente o observado.

### 3.4. Síntese do Modelo Teórico

Baseando-se nos trabalhos de Angelsen (1999), Angelsen e Kaimowitz (1999), Geist e Lambin (2002), Silva (2009) e Combes Motel et al. (2009), este trabalho parte da Equação 6 para explicar o desmatamento:

$$D = f(E, P^a, P^i, C^a, POL) \quad (6)$$

em que D é o desmatamento no estado ou município; E são as características específicas de cada estado ou município;  $P^a$  são os preços agrícolas;  $P^i$  são os preços dos insumos agrícolas;  $C^a$  são os custos agrícolas e de limpeza da terra; e POL são as políticas que influenciam o desmatamento.

Entre as características específicas de cada unidade político-administrativa (E), podem-se citar o desenvolvimento econômico, o crescimento econômico, o crescimento populacional, a área inicial de florestas, a distância do mercado consumidor e as condições edafoclimáticas.

O desenvolvimento e o crescimento econômico estão relacionados nesta abordagem, respectivamente, ao crescimento da renda *per capita* e ao crescimento absoluto do Produto Interno Bruto – PIB da unidade de análise. Postula-se que o desenvolvimento econômico tenha uma relação de Kuznets ambiental com o desmatamento, ou seja, à medida que a renda *per capita* aumenta, o desmatamento aumenta, atingindo um máximo em determinado nível de renda para depois decrescer, apresentando, portanto, uma relação quadrática de “U” invertido. Segundo Angelsen e Kaimowitz (1999), a evidência empírica da relação ambiental de Kuznets é ambígua. Espera-se, contudo, que à medida que a renda *per capita* aumente, os agentes econômicos tendam a migrar para atividades urbanas, diminuindo a pressão sobre o desmatamento. Ademais, aumentos de renda estão relacionados com a melhoria no nível de tecnologia, o que substitui bens ambientais por bens de capital, e com o aumento da demanda de bens ambientais da população.

Por seu turno, o crescimento econômico teria uma relação direta com o aumento do desmatamento, pois um aumento da renda nacional poderia levar ao aumento da pressão sobre a demanda de área de fronteira agrícola e de produtos que utilizam madeira como insumo, representando um efeito escala. Essas variáveis são consideradas estruturais, sobretudo o crescimento econômico, pelo fato de nenhum formulador de política estar disposto a reduzir a renda com o intuito de reduzir o desmatamento.

A questão do crescimento demográfico é um pouco menos clara, haja vista que políticas de ocupação de território podem ser implementadas, o que desclassificaria a variável como estrutural. Contudo, na maioria dos casos, um formulador de política não tem controle do movimento migratório, portanto, essa variável também é considerada estrutural. Geist e Lambin (2002) apontaram que, em relação ao desmatamento, a imigração é mais relevante que o crescimento endógeno da população.

A área inicial de floresta, ou estoque de floresta ao longo do tempo, possui relação positiva com o desmatamento, sendo uma importante característica específica das unidades político-administrativas (E). Isso ocorre por duas razões: primeiro, quanto menor a área de florestas, mais onerosa é a extração de madeira devido às atividades ligadas ao transporte e à escassez deste recurso; segundo, quanto menor a área de floresta, maior a disponibilidade de terras para serem utilizadas na agropecuária, diminuindo a pressão por novas áreas. Nesse sentido, se determinado estado tiver conservado um estoque florestal relativamente maior durante um período de tempo, o modelo indicaria que ele apresentou um desmatamento estrutural maior que o observado, evidenciando que houve esforço de redução.

A área relativa de floresta também está relacionada com o desmatamento, pois pode estar associada ao processo de fragmentação, ou dispersão de pequenas áreas de florestas. Assim, quanto menor a relação floresta/área, maior a probabilidade de haver áreas de florestas fragmentadas. Essa fragmentação torna as florestas mais suscetíveis a queimadas e aumenta a mortalidade das árvores (NEPSTAD et al., 2008). Por envolver questões biológicas e geográficas, acredita-se que esse processo não apresente relação linear, sendo considerado, portanto, uma relação quadrática. A área relativa de floresta pode assim representar uma medida de escassez.

A distância do mercado consumidor, ou de destino, dos produtos agrícolas e florestais tem relação inversa com o desmatamento estrutural. Quanto maior a distância entre a área a ser desmatada para a atividade agrícola e o mercado, menor será o incentivo ao desmatamento, dado que uma distância maior, considerando o mesmo

sistema de transporte, acarreta maiores custos de transporte, desestimulando a conversão de florestas em lavouras.

Os preços das *commodities* agrícolas e da madeira ( $P^a$ ) têm uma relação positiva com o desmatamento. Aumentos nesses preços afetariam a decisão dos agentes econômicos quanto ao desmatamento por dois motivos. Primeiro, aumentos nos preços agrícolas tenderiam a aumentar a demanda por novas áreas de cultivo, pressionando a fronteira agrícola e, conseqüentemente, aumentando o desmatamento. Segundo, o aumento nos preços da madeira aumentaria os custos de oportunidade de se manter uma área de floresta, o que incentivaria o desmatamento e a venda de madeira. Contudo, há evidências de que o mercado de madeira não está relacionado ao desmatamento na América do Sul (GEIST; LAMBIN, 2002) nem na Amazônia Legal (KAIMOWITZ et al., 2004). Dessa forma, o preço da madeira não foi considerado neste trabalho. Vale ressaltar que se pressupõe a Amazônia Legal tomadora de preços no mercado agrícola, pois, do contrário, haveria uma formação endógena dos preços. São assumidos como preços agrícolas relevantes os preços da soja e da bovinocultura de corte a nível nacional e os preços da bovinocultura de corte a nível municipal. O aumento dos custos associados ao desmatamento e a atividade agrícola ( $C^a$ ) reduzem o incentivo ao desmatamento.

Barreto et al. (2008) sugeriram que o desmatamento está associado a mudanças defasadas nos mercados agrícolas. Essa relação seria justificada pela incerteza que os produtores rurais têm na rentabilidade corrente da atividade. Assim, eles utilizam as informações de preços da safra anterior para a tomada de decisão presente, sendo essa decisão relacionada ao movimento da fronteira agrícola e ao desmatamento. Nesse sentido, os custos agrícolas também teriam uma relação defasada com o desmatamento, uma vez que os custos do ano anterior criam expectativas para o ano corrente. Ademais, os preços dos produtos agrícolas e dos insumos no ano anterior influenciariam o acúmulo de capital por parte dos produtores rurais, o que poderia influenciar o mercado de terras, a expansão da fronteira agrícola e o desmatamento. Dadas essas justificativas, propõe-se a operacionalização dos modelos com as variáveis preço da soja, preço do boi e custos de produção defasados.

As variáveis políticas utilizadas neste trabalho (POL) representam os gastos do Governo Federal em Agricultura, Transporte, Crédito Rural e Gestão Ambiental. Espera-se que os três primeiros tipos de variáveis apresentem relação positiva com o desmatamento, enquanto a última variável apresente relação negativa. Isso ocorre pelo fato de a melhoria na gestão ambiental estar associada à fiscalização ambiental e ao

estabelecimento de áreas de proteção. Os gastos com agricultura estariam relacionados a melhores condições para a prática agrícola, tais como políticas de garantia de preço, defesa sanitária e extensão rural. O crédito rural agiria como financiador da agricultura, alavancando a produção e a ocupação de terras. O aumento nos gastos com transporte do governo melhoraria as condições de acesso à região, o que levaria a um maior fluxo migratório e a uma redução dos custos de transporte para os produtos agrícolas, refletindo em maiores preços agrícolas a nível local, influenciando a ocupação de terras e, conseqüentemente, o desmatamento.

## **4. Metodologia**

Os procedimentos descritos neste capítulo dizem respeito aos métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos, consistindo basicamente na apresentação do modelo econométrico a ser estimado juntamente com os testes. Em seguida, são expostos os dados utilizados nas estimações.

### **4.1. Modelo Econométrico**

A seguir são expostos os procedimentos econométricos utilizados neste trabalho. Primeiramente, são apresentados o modelo de dados em painel, suas formas de estimação e os testes para a escolha da especificação da heterogeneidade individual. Em seguida, são feitas considerações sobre a endogeneidade e os mecanismos utilizados para contornar esse problema. Por fim, descreve-se como será realizado o cálculo dos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento nos estados da Amazônia Legal.

#### **4.1.1. Modelos de Estimação de Dados em Painel**

As análises desenvolvidas neste estudo consistiram em variáveis dispostas em seção cruzada (estados e municípios) e ao longo do tempo. Quando isso ocorre, o método mais aconselhado para as estimativas é o de dados em painel. Segundo Gomes (2007), a abordagem de dados em painel traz vantagens em relação às análises de seção cruzada e de séries temporais, quais sejam: aumento de número de pontos observados; elevação de graus de liberdade; redução de multicolinearidade entre as variáveis

explicativas; maior eficiência das estimativas; e, for fim, permite identificar mudanças dinâmicas.

Para esse trabalho, o modelo de dados em painel, baseado em Wooldridge (2002) e Baltagi (2005), pode ser descrito na Expressão 7.

$$D_{it} = a + a_i + b_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

em que  $i$  representa as unidades de seção cruzada (estados ou municípios);  $t$  é o número de períodos de análise, de 1999 a 2008 para os estados e de 2002 a 2008 para os municípios<sup>10</sup>;  $D_{it}$  é o desmatamento observado na região  $i$  no período  $t$ ;  $a$  é o intercepto comum a todos as unidades políticas e invariável com o tempo;  $a_i$  é o efeito individual de cada estado ou município que capta a heterogeneidade individual por meio de um termo constante associado a um conjunto de variáveis não observadas ou latentes;  $b_k$  é o vetor linha dos coeficientes estimados das  $k$  e  $x_{kit}$  é o vetor coluna dessas variáveis, na unidade territorial  $i$  e período  $t$ ; e  $\varepsilon_{it}$  é erro da regressão, com média zero e variância constante.

Estão representadas em  $a_i$  algumas variáveis estruturais específicas de cada estado (CE) invariáveis no tempo tais como distância do mercado consumidor e condições edafoclimáticas, além de outras condições geográficas e ambientais (PIRARD et al., 2009). Nesse sentido, as estimações realizadas nesse trabalho consideraram esse termo individual em detrimento de um modelo *polled*, no qual nenhum efeito individual é considerado. As variáveis diretamente observadas ( $x_{kit}$ ) utilizadas foram o PIB, o PIB *per capita*, o PIB *per capita* ao quadrado<sup>11</sup>, a população, a área inicial de floresta, a área relativa de floresta, a área relativa de floresta ao quadrado, o preço da soja no Brasil, o preço do boi no Brasil, o preço do boi para cada município da Amazônia legal e os gastos do Governo Federal em gestão ambiental, agricultura e transporte e o crédito rural.

Há duas formas de considerar a heterogeneidade individual ( $a_i$ ) apresentada na Equação 7. A primeira consiste nos chamados Efeitos Fixos (EF), em que a heterogeneidade individual é representada pela diferença de interceptos entre as unidades de seção cruzada. Esse tipo de estimação é realizada pela adição de variáveis *dummies* para cada unidade de seção cruzada a fim de captar o efeito individual, sendo a

---

<sup>10</sup> Esse período de análise foi escolhido pela disponibilidade dos dados nas diversas fontes utilizadas para o modelo estadual e municipal.

<sup>11</sup> Visando identificar uma curva de Kuznets ambiental.

estimação realizada por meio de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (BALTAGI, 2005).

Outra forma de especificar a heterogeneidade individual dos estados e municípios da Amazônia Legal em relação ao desmatamento é por meio dos chamados Efeitos Aleatórios (EA). Nessa abordagem, considera-se que a heterogeneidade individual seja parte do erro da estimação. Assim, retomando a Equação 7,  $a_i$  é o termo de erro individual, invariável no tempo e variável nas unidades de seção cruzada e  $\varepsilon_{it}$  é o termo geral. Assim,  $a_i$  é formado por um processo aleatório, e o termo de erro do modelo a ser estimado é a soma de  $a_i$  e  $\varepsilon_{it}$ . O termo  $a_i$  guarda todas as pressuposições de termo de erro original ( $\varepsilon_{it}$ ), ou seja, média zero,  $COV(a_i, x_{kit}) = 0$ ,  $COV(a_i^2) = \sigma_a^2$  e  $COV(a_i, a_j) = 0$  para  $i \neq j$ . O método de estimação de dados em painel por EA é o de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) (BALTAGI, 2005).

Considerando que haja heterogeneidade individual entre as unidades de seção cruzada analisadas, há necessidade de determinar se a estimação do painel será por EF ou EA. Wooldridge (2002) postulou que a escolha entre esses dois métodos deve levar em conta o pressuposto de  $a_i$  e  $x_{kit}$  estarem, ou não, correlacionados. Assim, se essa correlação existir, o método mais adequado é o de EF; caso contrário, utiliza-se EA, uma vez que a estimação por EF é consistente quando  $a_i$  e  $x_{kit}$  são correlacionados e a estimação por EA não o é.

Para a escolha do método de estimação, realizou-se o teste proposto por Hausman (1978), que testa a ortogonalidade dos EA com os regressores. Testa-se, portanto, a hipótese nula de a estimação, por EA, ser consistente ou não, ou seja, a mais adequada. A estatística do teste é calculada pela Equação 8:

$$H = (b_{EF} - b_{EA})'(cvar_{EF} - cvar_{EA})(b_{EF} - b_{EA}) \quad (8)$$

em que  $b_{EF}$  é o vetor de coeficientes estimados no modelo EF,  $b_{EA}$  é o vetor de coeficientes estimados no modelo EA; e  $cvar_{EF}$  e  $cvar_{EA}$  são as matrizes de variância/covariância do modelo EF e EA, respectivamente. A estatística  $H$  apresenta distribuição assintótica *qui-quadrado* ( $\chi_k^2$ ) em que  $k$  é o número de parâmetros estimados.

#### 4.1.2. Identificação e Correção da Endogeneidade dos Regressores

O problema da endogeneidade ocorre quando a premissa de ortogonalidade do termo de erro com as variáveis explicativas é violada na estimação por Mínimos Quadrados Ordinários - MQO. Segundo Gujarati (2006), na presença de correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas, os coeficientes estimados por MQO seriam não só viesados como também inconsistentes, ou seja, à medida que o tamanho da amostra aumenta, os estimadores não convergem para o valor populacional. Assim, o fato de uma variável explicativa estar correlacionada com o termo de erro indica que os choques aleatórios que afetam o desmatamento também a afetam, o que leva a um processo simultâneo de “formação” das duas variáveis.

Entre as variáveis utilizadas neste trabalho, a população é apontada como endógena ao processo de desmatamento por Angelsen e Kaimowitz (1999), na medida em que o processo de ocupação ocorre simultaneamente ao processo de desmatamento. O crédito rural também pode ser considerado endógeno, uma vez que a variação do crédito rural pode estar associada ao desmatamento. Em outras palavras, o crédito rural pode financiar o desmatamento, bem como o desmatamento pode aumentar a demanda de crédito para financiar as atividades econômicas subsequentes. Assim, essas variáveis podem ser determinadas simultaneamente, devendo-se testar essa relação.

O método mais usual para identificar tal problema é o teste de Hausman para endogeneidade. Esse teste foi inicialmente proposto para identificar a endogeneidade para apenas um regressor. Como foi levantada a suspeita de que haja dois regressores endógenos (população, crédito rural), há a necessidade de um teste que considere a hipótese de mais de um regressor endógeno. Wooldridge (2002) propõe um teste de endogeneidade para mais de uma variável explicativa. O teste parte da seguinte Equação 9, baseada na Equação 7:

$$D_{it} = a + a_i + c_m z_{mit} + d_n y_{nit} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

em que o vetor coluna  $x_{kit}$  foi dividido em dois: um representando as variáveis exógenas ou predeterminadas ( $z_{mit}$ ) de dimensão  $m \times 1$  e outra representando as variáveis endógenas ( $y_{nit}$ ) de dimensão  $n \times 1$ , sendo os vetores linha de coeficientes  $c_m$  e  $d_n$ , respectivamente.

Para cada variável endógena contida em (9), deve haver pelo menos uma variável instrumental associada a ela a fim de se construir a forma reduzida de cada

uma. Apesar de não haver teoria econômica consolidada que trate dos determinantes da população e crédito rural, buscaram-se variáveis que estariam associadas a elas. No caso da população, foram utilizadas como variáveis instrumentais a densidade populacional e a área dos estados e municípios, uma vez que se espera que quanto maior a densidade populacional, controlada pela área, maior será a população. Para o crédito rural, utilizou-se o efetivo bovino, e a área de lavouras como variáveis instrumentais, esperando que haja uma relação positiva entre essas variáveis.

Assim, as formas reduzidas das equações estimadas para as variáveis endógenas podem ser representadas pela Equação 10:

$$y_{nit} = a + a_i + e_{qit}w_{qit} + v_{nit} \quad (10)$$

em que  $y_{nit}$  é o vetor coluna das variáveis endógenas;  $w_{qit}$  é o vetor coluna de variáveis exógenas, que corresponde a  $z_{mit}$  acrescido das variáveis instrumentais;  $e_{qit}$  é o vetor linha dos coeficientes das variáveis exógenas; e  $v_{nit}$  é o vetor coluna dos erros de estimação. O termo  $a_i$  denota o efeito individual, sendo a escolha entre EF e EA baseada no método utilizado para estimar a Expressão (7) para o modelo estadual e municipal. Para esse teste, assume-se que  $\text{Cov}(w_{qit}, v_{nit})$  seja igual a zero.

Assim, pode-se testar se o erro estrutural  $\varepsilon_{it}$  está correlacionado com os erros das formas reduzidas  $v_{nit}$ :

$$\varepsilon_{it} = \rho_n v_{nit} + \mu_{it} \quad (11)$$

Se  $\varepsilon_{it}$  e  $v_{nit}$  estiverem correlacionados, o vetor  $\rho_n$  será estatisticamente diferente de zero. Assim, a hipótese nula é de que os regressores  $y_{nit}$  não são endógenos, ou seja,  $H_0: \rho_n = 0$ .

Para se calcular o vetor  $\rho_n$ , substitui-se a Expressão (11) em (9):

$$D_{it} = a + a_i + c_m z_{mit} + d_n y_{nit} + \rho_n v_{nit} + \mu_{it} \quad (12)$$

Por meio da estimação de (12), pode-se obter o vetor  $\rho_n$  e realizar o teste F ou o teste de Wald para verificar se esses coeficientes são estatisticamente diferentes de zero de forma conjunta, portanto, se as respectivas variáveis (população, crédito rural) são endógenas ao desmatamento.

Uma vez verificada a presença de endogeneidade, os métodos de estimação por EF e EA seriam viesados e inconsistentes. Para lidar com esse problema, propõe-se a utilização do Método dos Momentos Generalizados - MMG, inicialmente desenvolvido por Arellano e Bond (1991). Esses autores realizaram manipulações algébricas incluindo a variável dependente defasada e depois diferenciaram a equação inicial. Para esse trabalho, a Equação (13) representa o resultado da manipulação de (9) como proposto por Arellano e Bond (1991):

$$\Delta D_{it} = e_1 \Delta D_{it-1} + c_m \Delta z_{mit} + d_n \Delta y_{nit} + \Delta \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Essa manipulação elimina tanto  $\alpha$ , quanto o termo individual  $\alpha_i$ . Em (13), as variáveis exógenas, representadas pelo vetor  $\Delta z_{mit}$ , são usadas como instrumentos delas mesmas, enquanto as variáveis endógenas utilizam como instrumentos as próprias variáveis defasadas em 2, 3, ... períodos (CAMERON; TRIVEDI, 2009). Para evitar a perda de graus de liberdade, foi utilizada apenas a segunda defasagem como instrumento.

Para verificar se os instrumentos utilizados são válidos, ou seja, se estão correlacionados com as variáveis que representam e são ortogonais ao termo erro de erro, utilizou-se o teste de Sargan. Na implementação do teste, utiliza-se a estatística J de Hansen em que, por meio do teste LM, considerando uma distribuição  $\chi^2$ , testa-se a hipótese nula de que os instrumentos utilizados são válidos (BAUM, 2006).

#### **4.1.3. Cálculo dos Efeitos Líquidos das Políticas**

A identificação dos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento nos estados foi feita por meio da análise dos resíduos da equação estimada desconsiderando as variáveis políticas crédito rural, gastos com agricultura, gastos com gestão ambiental e gastos com transporte. Esses resíduos são a diferença entre o desmatamento observado e o estrutural, ou estimado pelo modelo, e são influenciados por choques idiossincráticos nas variáveis explicativas (estruturais) e por variáveis aleatórias associadas a erros de medição. Diante disso, faz-se necessária a avaliação da significância estatística desse resíduo, visando anular o efeito desses elementos sobre a medição dos esforços de redução do desmatamento (COMBES MOTEL et al., 2009; PIRARD et al., 2009). Assim, por meio do teste t de student, verificou-se se o resíduo

para cada estado em determinado período de tempo foi significativamente diferente de zero a determinado nível de significância, dado o desvio-padrão do erro.

Se o resíduo for significativo e negativo, isso indica que o desmatamento estrutural foi maior que o observado, ou seja, as políticas governamentais tiveram efeitos líquidos de redução do desmatamento no respectivo período de tempo. Se o resíduo for significativo e positivo, isso indica que houve políticas que tiveram efeitos líquidos positivo sobre o desmatamento no respectivo período. Se o resíduo for estatisticamente igual a zero, o desmatamento observado foi devido a características estruturais, portanto, nem políticas de incentivo, nem de mitigação do desmatamento estão sendo realizadas ou, ainda, os efeitos de políticas de incentivos foram anulados pelas políticas de redução de desmatamento da Amazônia Legal.

Conforme a abordagem de Combes Motel et al. (2009), esse método permite verificar “se” houve efeito líquido (positivo, negativo ou nulo) sobre o desmatamento, e não mensurar “quanto” do desmatamento foi decorrente do efeito líquidos dessas políticas. Assim, o resultado dessa análise residual tem um caráter qualitativo dos efeitos e não da quantificação propriamente dita.

#### **4.2. Variáveis e Fonte de Dados**

Os códigos dos dados utilizados, o seu significado, a unidade, a fonte e o nível de análise estão expostos no Quadro 1. Quando nenhuma consideração for feita sobre a variável, pode-se assumir que ela seja variável no tempo e no espaço. Algumas variáveis selecionadas merecem ser discutidas, tais como rflor, que é a área de florestas sobre a área total da unidade política, portanto, apresentando valores de 0 a 1. A variável indbov representa os preços municipais da arroba de boi gordo<sup>12</sup> no ano de 2001, portanto, invariável no tempo, sendo normalizada com média 100. Essa variável foi introduzida para captar uma relação espacial do preço do boi com o desmatamento, bem como o efeito do custo do transporte. Esse índice de preço foi inicialmente construído por Costa et al. (2001) por meio de entrevistas nos frigoríficos da Amazônia, sendo transformados para preço a nível de fazenda<sup>13</sup> pela retirada do custo de transporte. Esse índice tem sido utilizado para medir o efeito da pecuária a nível local sobre o

---

<sup>12</sup> Os preços do boi gordo municipais foram fornecidos pelo Professor Eugênio Y. Arima, da Hobart and William Smith Colleges, pesquisador associado do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

<sup>13</sup> Os preços foram originalmente construídos a nível de células de 5x5 km<sup>2</sup>, sendo transformados para o nível municipal nos trabalhos de Silva (2009) e Arima et al. (2011).

desmatamento e queimadas em diversos trabalhos (ARIMA et al., 2007; SILVA, 2009; ARIMA et al., 2011).

Quadro 1 – Descrição dos dados utilizados nas estimações dos modelos econométricos

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte</b>	<b>Nível de Análise</b>
<b>Desmat</b>	Desmatamento observado na Amazônia Legal	km <sup>2</sup>	Inpe	Estadual e Municipal
<b>Flor</b>	Área inicial de floresta	km <sup>2</sup>	Inpe	Estadual e Municipal
<b>Rflor</b>	Área relativa de floresta (flor/área da unidade de análise)	índice	Inpe	Estadual e Municipal
<b>rflor2</b>	Área relativa de floresta elevada ao quadrado	índice	Inpe	Estadual e Municipal
<b>Indbov</b>	Índice municipal de preço bovino	índice	Imazon*	Municipal
<b>psoja1</b>	Preços médios nacionais da soja de setembro a agosto – defasado	R\$/sc	FGV	Estadual e Municipal
<b>pboi1</b>	Preços médios nacionais do boi gordo de setembro a agosto – defasado	R\$/@	FGV	Estadual e Municipal
<b>ipp1</b>	Índice de preços pagos pelos produtores médios de setembro a agosto – defasado	índice	FGV	Estadual e Municipal
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto	mil reais	Ipea	Estadual e Municipal
<b>Ppc</b>	PIB <i>per capita</i>	mil reais	Ipea	Estadual e Municipal
<b>ppc2</b>	PIB <i>per capita</i> elevado ao quadrado	mil reais	Ipea	Estadual e Municipal
<b>Pop</b>	População	hab.	Ipea	Estadual e Municipal
<b>Cr</b>	Crédito Rural	mil reais	BCB**	Estadual e Municipal
<b>Ga</b>	Gastos do Governo Federal em gestão ambiental	mil reais	STN***	Municipal
<b>Ag</b>	Gastos do Governo Federal com agricultura	mil reais	STN***	Estadual e Municipal
<b>Tr</b>	Gastos do Governo Federal em transportes	mil reais	STN***	Estadual e Municipal
<b>Eb</b>	Efetivo bovino	Nº de cabeças	IBGE	Estadual e Municipal
<b>Lav</b>	Área de lavouras permanentes e temporárias	ha	IBGE	Estadual e Municipal
<b>Dpop</b>	Densidade populacional - divisão de pop pela área	hab/km <sup>2</sup>	Ipeas/InpeE	Estadual e Municipal
<b>Área</b>	Área total da unidade política	km <sup>2</sup>	Inpe	Estadual e Municipal

\*Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

\*\*Banco Central do Brasil: Anuário Estatístico do Crédito Rural.

\*\*\*Secretaria do Tesouro Nacional.

As variáveis psoja1, pboi1 e ipp1 são as médias nacionais de setembro a agosto, período em que o desmatamento é medido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe. O número 1 no final de cada código denota que essas variáveis representam os preços defasados. Dessa forma, para o desmatamento no ano t, que é medido de setembro do ano t-1 a agosto do ano t, têm-se os preços médios de setembro do ano t-2 a agosto do

ano t-1. A variável *ipp1* representa o índice de preços pagos pelos produtores, visando captar os custos de produção. Essas variáveis captam o movimento temporal dos mercados agrícolas e de insumos, uma vez que são variáveis no tempo e invariáveis no espaço.

O crédito rural (*cr*) é a soma dos valores das linhas de investimento e custeio da agricultura familiar e comercial para a agricultura e pecuária. Os gastos do Governo Federal em Gestão Ambiental representam aqueles relacionados à preservação e conservação ambiental, controle ambiental, recuperação de áreas degradadas, recursos hídricos, meteorologia e demais gastos. Os gastos em agricultura representam a promoção da produção vegetal e animal, defesa sanitária vegetal e animal, abastecimento, extensão rural, irrigação e demais gastos. Os gastos com transportes estão relacionados a investimentos no transporte rodoviário, ferroviário, hidroviário, aéreo e outros.

As quatro últimas variáveis listadas no Quadro 1 foram utilizadas como variáveis instrumentais para testar a endogeneidade do crédito rural e população. As variáveis monetárias *psoja1*, *pboi1*, *ipp1*, *pib*, *ppc*, *ppc2*, *cr*, *ga*, *ag* e *tr* foram deflacionadas pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas – FGV com base em dezembro de 2008. Como dito anteriormente, *indbov* representa os preços a nível municipal em 2001, tendo sido esse preço transformado em índice e não deflacionado.

O período para a análise estadual foi de 1999 a 2008 e o da análise municipal de 2002 a 2008. Esses períodos foram determinados pela disponibilidade de dados. O período inicial para os estados foi escolhido pela disponibilidade de dados de crédito rural no Anuário Estatístico do Crédito Rural, que começou a ser publicado em 1999. Como a análise compreende um período de 10 anos e é feita para os nove estados da Amazônia Legal, o total de observações foi de 90.

No caso municipal, o período inicial foi determinado pelos gastos do Governo Federal nessas unidades de políticas, que começaram a ser divulgados a partir de 2002. O período final foi determinado, em ambos os casos, pela série do PIB, que está disponível até 2008. O modelo estadual considerou os nove estados da Amazônia Legal, enquanto o modelo municipal considerou uma filtragem dos 783 municípios da Amazônia disponibilizados pelo Inpe. Retiraram-se os municípios que não apresentaram área de floresta em 2002, uma vez que o desmatamento nulo nesses municípios seria decorrente da não existência de florestas e não das causas discutidas nesse trabalho. Posteriormente, foram retirados os municípios para os quais não houve disponibilidade da variável *indbov*. Depois dessas filtrações, restaram 601 municípios.

Cabe ressaltar que para alguns municípios, em determinados anos, as variáveis *ga*, *ag* e *tr* não foram disponibilizadas; contudo, esses municípios não foram retirados do modelo, utilizando-se a estimação por painel desbalanceado. Outro problema encontrado nos dados diz respeito à presença de *outliers* para a variável *ppc*. Por exemplo, essa variável apresentou valor máximo de mais de 200 mil reais para o município de Rosário do Oeste no Mato Grosso em 2008, valor que não condiz com o PIB *per capita* divulgado pelo IBGE no mesmo ano. Assim, esses *outliers* foram retirados da base de dados. Depois de todas essas operações, o número de observações utilizadas no modelo municipal foi de 3704.

## 5. Resultados e Discussão

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos no trabalho, divididos em três subseções. Primeiramente, são expostos os resultados para o modelo estadual, com os coeficientes estimados e os efeitos líquidos das políticas. Em seguida, discutem-se os resultados do modelo municipal. Por fim, é apresentada uma síntese das duas análises.

### 5.1. Determinantes do Desmatamento em Nível Estadual

Antes da exposição dos resultados do modelo estadual, é apresentada uma breve explicação das características estatísticas dos dados utilizados. As estatísticas descritivas dessas variáveis estão na Tabela 4. O período analisado vai de 1999 a 2008, totalizando 90 observações, uma vez que a Amazônia legal engloba nove estados. Durante os anos de análise, os estados apresentaram, em média, desmatamento de 2070 km<sup>2</sup>, sendo o maior valor observado para o estado do Mato Grosso no ano de 2004 (11.814 km<sup>2</sup>) e o menor, de zero km<sup>2</sup>, no estado do Amapá<sup>14</sup> nos anos de 1999, 2000 e 2002. A média da área de floresta (flor) foi de 373.424 km<sup>2</sup>, sendo que o estado do Amazonas apresentou maior área de floresta (1.474.528 km<sup>2</sup>) no ano de 1999 e o Tocantins, no ano de 2008, teve a menor área (10.234 km<sup>2</sup>). Esses valores, contudo, devem ser relacionados com a área de floresta relativa à área total de cada estado, uma vez que um estado maior tende a apresentar maior área de floresta que outro. Quando se observa a área de florestas

---

<sup>14</sup> O valor de 0 km<sup>2</sup> foi obtido pela metodologia desenvolvida pelo Inpe. Acredita-se, contudo, que o desmatamento que ocorreu em pequena escala não tenha sido medido devido às limitações da metodologia utilizada por essa instituição.

relativa à área total do estado na Amazônia Legal (rflor), constatou-se que a média é de 0,58, o que significa que a média, entre os estados, de cobertura de florestas é de 58%. A observação que apresentou o maior percentual de florestas (cerca de 94%) foi o Acre em 1999 e o menor percentual foi no Tocantins (cerca de 4%) em 2008. A variável rflor2 representa a variável rflor elevada ao quadrado, com comportamento próximo a essa última.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas para o modelo de desmatamento estadual na Amazônia Legal

Variável	Unidade	Média	D. Padrão	Mín.	Máx	CV (%)
<b>desmat</b>	Km <sup>2</sup>	2.070	2.746	0	11.814	132,61
<b>flor</b>	Km <sup>2</sup>	373.424	470.907	10.234	1.474.528	126,11
<b>rflor</b>	-	0,58	0,31	0,04	0,94	52,70
<b>rflor2</b>	-	0,43	0,31	0,00	0,89	71,94
<b>psoja1</b>	R\$/sc	41,58	8,48	31,46	56,57	20,41
<b>pboi1</b>	R\$/@	71,95	6,64	60,45	80,01	9,23
<b>ipp1</b>	-	457,10	18,68	427,29	482,18	4,09
<b>ppc</b>	Mil R\$	10,56	3,89	3,41	21,14	36,88
<b>ppc2</b>	Mil R\$	126,41	91,91	11,63	447,10	72,71
<b>pib</b>	Mil R\$	24.300.000	19.800.000	1.977.105	69.000.000	81,48
<b>pop</b>	Hab	2.503.001	2.236.084	266.922	7.321.493	89,34
<b>cr</b>	Mil R\$	565.316	913.941	2.290	4.254.882	161,67
<b>ag</b>	Mil R\$	25.430	22.001	429	150.156	86,51
<b>tr</b>	Mil R\$	82.818	78.932	392	327.630	95,31

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Variáveis:** **desmat** – desmatamento; **flor** – área de floresta inicial; **rflor** – área relativa de floresta; **rflor2** – anterior ao quadrado; **psoja1** – preço da soja no Brasil; **pboi1** – preço do boi gordo no Brasil; **ipp1** – índice de preços pagos pelos produtores no Brasil; **pib** – Produto Interno Bruto; **ppc** – PIB *per capita*; **ppc2** – anterior ao quadrado; **pop** – população; **cr** – crédito rural; **ag** – gastos do Governo Federal com agricultura; **tr** – gastos do Governo Federal com transporte.

O preço da soja (psoja1) apresentou média de R\$ 41,58/sc, sendo o maior valor correspondente ao ano de 2004, R\$ 56,57/sc, e o menor correspondente ao ano de 2008, R\$ 31,46/sc. O preço do boi gordo teve média de R\$ 71,95/@, apresentando o maior valor no ano de 2002, R\$ 80,01/@, e o menor no ano de 2007, R\$ 60,45/@. O índice de preços pagos pelo produtor teve máximo de 482,18 no ano de 2007 e mínimo de 427,29 em 2002, sendo a média de 457,1.

O PIB *per capita* (ppc) médio foi de R\$ 10,56 mil, em que o maior valor foi o de R\$ 21,14 mil em 2008 para o estado do Mato Grosso e o menor foi de R\$ 3,41 mil no Maranhão em 1999. A variável ppc2 representa a variável anterior elevada ao quadrado e não foi apresentada com mais detalhes aqui. O PIB médio entre os estados da

Amazônia Legal foi de cerca de R\$ 24 bilhões, com máximo de R\$ 69 bilhões em 2008 no estado do Mato Grosso e mínimo de cerca R\$ 2 bilhões em 1999 no estado de Roraima. Constata-se, portanto, que em termos relativos à população (ppc) e em termos absolutos (pib), as maiores rendas na Amazônia Legal estão nos estados do Mato Grosso, estado com economia voltada para o setor agropecuário e no qual o desmatamento foi bastante expressivo nos últimos anos. A população média entre os estados foi de 2,5 milhões de habitantes, com mínimo em Roraima no ano de 1999, cerca de 270 mil habitantes, e máximo de cerca de 7,3 milhões de habitantes no estado do Pará em 2008.

As variáveis políticas cr, ag e tr tiveram médias estaduais de R\$ 565 milhões, R\$ 25 milhões e R\$ 82 milhões, respectivamente. O estado que mais recebeu crédito rural (cr) foi o Mato Grosso em 2004, cerca de R\$ 4,255 bilhões e o que menos recebeu foi o Amapá em 1999, cerca de R\$ 2,3 milhões. O maior destino dos gastos do Governo Federal com agricultura (ag) dentro da Amazônia Legal foi o Maranhão em 1999, quando foram despendidos cerca de R\$ 150 milhões. O menor valor liberado foi para o Amapá em 1999, cerca de R\$ 429 mil. Para gastos com transportes (tr), a média foi de R\$ 82,8 milhões, sendo o máximo verificado no Maranhão em 2008, cerca de R\$ 327,6 milhões, e o menor valor foi para o Amapá em 2004, R\$ 392 mil.

Outro indicador importante são as variabilidades. Usou-se o Coeficiente de Variação (CV) para comparar a variabilidade de variáveis que possuem unidades de medida diferentes, uma vez que esse indicador representa o valor percentual relativo do desvio padrão com a média. Nota-se na Tabela 3 que o desmatamento (desmat), área de floresta (flor) e crédito rural apresentaram variabilidade alta em relação às outras variáveis, o que indica ser sua distribuição mais heterogênea entre os estados do que outras variáveis.

O PIB, a população (pop), os gastos com agricultura (ag) e os gastos com transporte (tr) apresentaram valores de CV acima de 80 % e menores que 100 %, indicando também que essas variáveis são bastante heterogêneas entre os estados da Amazônia Legal. As variáveis desmat, flor, cr, pib, pop, ag e tr têm em comum o fato de serem grandezas absolutas, indicando que a variabilidade medida pelo CV pode estar relacionada com o tamanho do estado em questão. As variáveis rflor2 e ppc2 foram obtidas pela segunda potência das variáveis originais, portanto, o CV próximo a 70 % verificado para essas variáveis está associado ao aumento da variabilidade das variáveis originais após a operação matemática.

As variáveis que apresentam grandezas relativas, PIB *per capita* (ppc) e área relativa de floresta (rflor) tiveram menor variabilidade em torno da média, medida pelo CV de 36,88% e 52,7%, respectivamente. Isso indica que ao se relativizar o PIB pela população e a área de floresta pela área total, os estados da Amazônia Legal são menos heterogêneos. As variáveis de preço foram as que apresentaram menores variações em torno da média. Isso é explicado pelo fato de essas variáveis representarem apenas variações no tempo, uma vez que dados para cada estado não foram obtidos. No caso do índice de preços pago pelos produtores (ipp1), que apresentou o menor CV (4,09 %), o fato de representar uma cesta de bens também contribui para o menor desvio relativo em torno da média, uma vez que os preços de alguns produtos que compõem essa cesta puderam variar menos que outros, ou ainda, enquanto uns produtos apresentam aumento de preços, outros podem apresentar queda, o que leva a uma menor variação do índice.

Antes de se estimar o modelo, foram realizados alguns testes a fim de encontrar o método de estimação mais adequado. O primeiro procedimento foi o teste de Hausman para Efeitos Fixos (EF) ou Efeitos Aleatórios (EA). Não se considerou a possibilidade de testar a especificação do modelo *polled*, ou seja, que não agrega nenhum efeito individual à estimação. Essa escolha é justificada pelo fato de os estados da Amazônia Legal possuírem certa heterogeneidade individual decorrente de variáveis que não podem ser captadas de forma direta (i.e. variáveis latentes). Assim, para não incorrer em um erro de especificação, optou-se pelos modelos EF ou EA para a estimação do modelo de desmatamento.

O resultado do teste de Hausman para EF ou EA está na Tabela 5. A hipótese nula de a estimação por EA ser consistente, ou seja, a mais adequada, é rejeitada ao nível de 1% de significância, mostrando ser o método de estimação por EF o mais adequado para a estimação do modelo.

Tabela 5 – Teste de Hausman para modelos de Efeitos Fixos ou Efeitos Aleatórios

$\chi^2$	30,53
<b>Prob. <math>\chi^2</math></b>	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Após a determinação do modelo de EF para estimação do modelo do desmatamento, procedeu-se ao teste de endogeneidade de Hausman para os regressores população e crédito rural, como proposto por Wooldridge (2002). O primeiro passo foi a estimação das equações reduzidas das duas variáveis, considerando como variáveis

instrumentais a densidade populacional, para a população, e o efetivo do rebanho bovino e área de lavouras permanentes e temporárias, para o crédito rural. A área dos estados não foi utilizada como variável instrumental por não variar no tempo e apresentar multicolinearidade perfeita com as *dummies* do modelo EF. As estimações relativas ao teste de Hausman estão no Anexo deste trabalho.

Na sequência do teste de Hausman, os resíduos das formas reduzidas de população e crédito rural foram introduzidos na estimação da forma estrutural para o desmatamento. Para finalizar, testou-se a hipótese nula de os coeficientes desses resíduos (*respop* e *rescr*) serem iguais a zero pelo teste F, ou seja, de os regressores população e crédito rural não serem conjuntamente endógenos. O resultado exposto na Tabela 6 indica que se rejeita a hipótese nula ao nível de 1% de significância, endo a população e o crédito rural endógenos ao desmatamento<sup>15</sup>.

Tabela 6 – Teste de Hausman para endogeneidade nos regressores população (*pop*) e crédito rural (*cr*) para o modelo estadual

<b>Teste</b>	<b>respop=rescr=0</b>
<b>Estat. F (2,66)</b>	9,12
<b>P-valor F</b>	0,0003

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante desse resultado, optou-se por estimar o modelo de desmatamento estadual pelo Método dos Momentos Generalizados - MMG, proposto inicialmente por Arellano e Bond (1991). Como variáveis instrumentais das variáveis endógenas, utilizou-se a segunda defasagem das mesmas.

Os coeficientes estimados estão na Tabela 7. Para verificar a robustez das estimativas, são expostos os resultados para três especificações diferentes: considerando os preços da soja e do boi num mesmo modelo (Modelo I); considerando o preço da soja e retirando o preço do boi (Modelo II); e considerando o preço do boi e retirando o preço da soja (Modelo III). A motivação dessa abordagem foi o fato de no Modelo I o preço do boi (*pboi1*) ser significativo e apresentar sinal negativo, contrário às expectativas teóricas. Assim, verificou-se a estabilidade do modelo à exclusão das variáveis de preços agropecuários (*psoja1* e *pboi1*).

<sup>15</sup> As estimações detalhadas do teste de endogeneidade de Hausman estão no Anexo A deste trabalho.

Tabela 7 – Coeficientes dos modelos estaduais estimados por MMG para o desmatamento na Amazônia Legal

	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Coef.	Estat. z	Coef.	Estat. z	Coef.	Estat. z
<b>l.desmat</b>	0,2745***	3,27	0,2509***	2,77	0,2703***	3,04
<b>flor</b>	0,0901***	5,03	0,0968***	5,03	0,0954***	5,05
<b>rflor</b>	38.215**	2,19	34.345*	1,82	35.252*	1,91
<b>rflor2</b>	-38.546***	-2,82	-38.001**	-2,57	-38.747***	-2,68
<b>psoja1</b>	78,89***	2,86	-5,44 <sup>NS</sup>	-0,5	-	-
<b>pboi1</b>	-198,39***	-3,28	-	-	-37,80 <sup>NS</sup>	-1,61
<b>ipp1</b>	-76,54***	-4,25	-19,93***	-3,49	-30,43***	-3,57
<b>ppc</b>	-325,18**	-2,21	-226,32 <sup>NS</sup>	-1,45	-258,38*	-1,68
<b>ppc2</b>	13,28**	2,02	11,77*	1,66	12,16*	1,75
<b>pib</b>	-0,0001 <sup>NS</sup>	-1,5	-0,0001 <sup>NS</sup>	-0,95	-0,0001 <sup>NS</sup>	-1,11
<b>pop</b>	0,0033***	2,87	0,0032**	2,55	0,0032***	2,66
<b>cr</b>	0,0029***	6,42	0,0027***	5,51	0,0028***	5,87
<b>ag</b>	0,0004 <sup>NS</sup>	0,03	-0,0179 <sup>NS</sup>	-1,27	-0,0203 <sup>NS</sup>	-1,57
<b>tr</b>	0,0013 <sup>NS</sup>	0,48	0,0002 <sup>NS</sup>	0,08	0,0000 <sup>NS</sup>	0,00
<b>Wald <math>\chi^2</math></b>	gl = 14	274,59	gl = 13	225,86	gl = 13	237,13
<b>Prob. <math>\chi^2</math></b>	0,000		0,000		0,000	
<b>Sargan <math>\chi^2</math></b>	gl = 58	49,454	gl = 59	51,577	gl = 59	51,29
<b>Prob. <math>\chi^2</math></b>	0,7804		0,7429		0,7522	

\*\*\*Significativo a 1 %; \*\* significativo a 5 %; \*significativo a 10 %; NS não significativo a 10 %.

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Variáveis:** **desmat** – desmatamento; **flor** – área de floresta inicial; **rflor** – área relativa de floresta; **rflor2** – anterior ao quadrado; **psoja1** – preço da soja no Brasil; **pboi1** – preço do boi gordo no Brasil; **ipp1** – índice de preços pagos pelos produtores no Brasil; **pib** – Produto Interno Bruto; **ppc** – PIB *per capita*; **ppc2** – anterior ao quadrado; **pop** – população; **cr** – crédito rural; **ag** – gastos do Governo Federal com agricultura; **tr** – gastos do Governo Federal com transporte.

Nas três especificações estimadas, as demais variáveis não apresentaram variações no nível significância e no sinal e magnitude dos parâmetros. As exceções foram **ppc**, que não foi significativa a 10 % no Modelo II, e **ipp1**, que permaneceu significativa e com sinal negativo nos três modelos, contudo, seu coeficiente variou bastante (Tabela 7). Todavia, os coeficientes de **psoja1** e **pboi1** que se mostraram significativos a 1 % no Modelo I, mas não foram significativos a 10 % nos demais modelos. O teste de significância global de Wald indica que nas três especificações a hipótese nula de todos os coeficientes serem iguais a zero é rejeitada a 1 % de significância. O teste de Sargan indica que os instrumentos utilizados para **pop** e **cr** são válidos, uma vez que não se rejeita a hipótese nula de que esses instrumentos estejam correlacionados com as variáveis endógenas e não estejam correlacionados com o termo de erro.

Como já mencionado, a maioria dos coeficientes se manteve estável nos três modelos e a escolha de um dos três não traria nenhum viés entre as opções disponíveis. Contudo, os modelos geram uma indefinição a respeito das variáveis ligadas aos preços agropecuários. Se o Modelo I for escolhido como o adequado, verificar-se-ia que a soja está positivamente relacionada com o desmatamento, enquanto os preços do boi teriam um efeito negativo. Ao se escolher os outros dois modelos, assumir-se-ia que nenhum dos preços agropecuários estaria relacionado com o desmatamento.

No que diz respeito à soja, trabalhos empíricos recentes (SILVA, 2009; ARIMA et al., 2011) apontam que há um relacionamento positivo entre a soja e o desmatamento, sendo esse um argumento a favor da escolha do Modelo I. Todavia, o relacionamento negativo entre os preços do boi e o desmatamento não fora constatado empiricamente por outros estudos. Para entender esse relacionamento, devem-se investigar os fenômenos ligados à formação do preço do boi no mercado brasileiro.

Isso indica que o desmatamento responde a variações no preço da soja, que empurra a pecuária para novas áreas. Uma explicação para esse sinal negativo pode estar associado ao ciclo da pecuária. De acordo com Toledo e Santiago (1984), esse ciclo está relacionado nas relações entre o preço do boi gordo com os outros elos anteriores, quais sejam: boi magro e bezerros. Diante de uma queda nos preços do boi gordo, os preços do boi magro e dos bezerros também cairiam. Com a queda de preço de bezerros, os agentes econômicos envolvidos nessa atividade realizariam o descarte de matrizes, colocando mais carne no mercado e reduzindo o preço ainda mais. Esse comportamento levaria à redução na oferta de bezerros nos anos subsequentes, o que reduziria a oferta de boi gordo e elevaria os preços. Essa elevação teria impactos nos elos anteriores, incentivando a produção de bezerros, aumentando a oferta de boi gordo nos anos subsequentes, levando a uma queda nos preços, realimentando o ciclo.

Esse comportamento cíclico da pecuária foi verificado empiricamente por Bragança e Bueno (2010) e ocorre devido ao tempo necessário para transformar o bezerro em boi gordo, que gira em torno de 3 a 4 anos, levando a um ciclo de aproximadamente 7 anos para o preço boi. Assim, períodos de preços altos estão relacionados com a retração do efetivo bovino, o que pode afetar o desmatamento negativamente, como indicam os coeficientes estimados no Modelo I.

Outra questão relacionada à dinâmica da pecuária brasileira é o impacto do preço do boi gordo sobre o preço dos insumos principais: boi magro e bezerro. Por exemplo, Sachs e Pinatti (2007) verificaram que o preço de boi gordo foi importante para a formação do boi magro no estado de São Paulo no período de 1995 a 2006,

evidenciando que aumentos de preços são repassados para os elos a montante. Apesar de não existirem trabalhos que comprovem empiricamente a relação do preço do boi gordo sobre os preços do bezerro e do boi magro na Amazônia Legal, essa relação pode ser extrapolada para essa região.

Trabalhos recentes (ZILLI et al., 2008; CUNHA et al., 2010) indicam que os preços do boi gordo em diferentes regiões brasileiras<sup>16</sup> estão fortemente relacionados. Mesmo tendo analisado apenas um estado na Amazônia Legal (Mato Grosso), esses estudos indicam que o mercado brasileiro é caracterizado por uma forte interdependência entre as regiões, ou seja, uma variação no preço em uma determinada praça é transmitida às demais. Considera-se que os demais estados da Amazônia Legal, sobretudo na área da fronteira agrícola, também estejam inseridos no mercado delimitado por esses trabalhos. Assim, uma variação positiva de preços do boi gordo no mercado levaria a uma variação positiva nos elos a montante (boi magro e bezerro).

Assim, em momentos em que o preço do boi gordo está alto na Amazônia Legal, espera-se que os preços do boi magro e do bezerro também estejam. Isso geraria um impacto negativo sobre o desmatamento, uma vez que a derrubada de floresta para pastagem é uma decisão de investimento diferente do investimento em áreas estabelecidas. Em áreas estabelecidas, o pecuarista não incorre no custo de preparar o terreno e nos custos com infraestrutura. Em outras palavras, ele já realizou o investimento em bens de capital e em terra e continuará operando no curto prazo mesmo que o preço (receita marginal) se iguale ao custo marginal, entre o custo médio total e o custo médio variável. Em áreas de fronteira, o pecuarista precisaria realizar todo o investimento inicial em terra e infraestrutura (custo fixo), mas, como a perspectiva é de prejuízo no longo prazo, o pecuarista decide não realizar o investimento. Obviamente, esse raciocínio microeconômico não se aplicaria para todos os pecuaristas na Amazônia Legal. Contudo, na média, espera-se que quanto maior o preço do bezerro, menor será o desmatamento para a incorporação de novas pastagens.

Não se deve ignorar, todavia, que a relação microeconômica descrita acima deve considerar o preço do boi gordo. Considera-se que o preço em áreas estabelecidas da Amazônia Legal seja maior que o preço em áreas mais próximas à fronteira por questões de custos logísticos. Pelos mesmos custos logísticos, o preço do bezerro seria

---

<sup>16</sup> Zilli et al. (2008) utilizaram os preços de Campo Grande (MS), Cuiabá (MT), Goiânia (GO) e Triângulo Mineiro (MG), enquanto Cunha et al. (2010) utilizaram os preços nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

menor em áreas estabelecidas do que em áreas de fronteira. Essas pressuposições validariam a relação negativa entre preço do boi gordo e desmatamento.

Diante desses argumentos, o Modelo I foi o escolhido como o que melhor explica o desmatamento na Amazônia Legal. As variáveis PIB, gastos do Governo Federal com agricultura e transporte não foram significativas a 10%. Como exposto na Tabela 7, o desmatamento corrente está positivamente relacionado com o desmatamento no ano anterior, como indica o coeficiente da variável  $I.desmat$ <sup>17</sup>. Um aumento de 1 km<sup>2</sup> no desmatamento em determinado estado da Amazônia Legal no ano t-1 levaria a um aumento de 0,2745 km<sup>2</sup> no ano t. Isso indica que o desmatamento, como decisão de investimento, representa um processo contínuo ao longo do tempo. Em outras palavras, uma decisão de investimento tomada em determinado ano terá impacto sobre os anos seguintes, mesmo que não haja mudanças nas demais variáveis que afetam o desmatamento, uma vez que tal decisão tem caráter permanente e nem todos os investimentos são concluídos no primeiro ano do projeto.

A área de florestas mostrou uma relação positiva com o desmatamento, ou seja, quanto maior a área de florestas, maior a disponibilidade de áreas a serem desmatadas. Assim, um aumento de 1 km<sup>2</sup> na área de florestas está associado a um aumento de 0,09 km<sup>2</sup> no desmatamento. A área relativa de florestas ( $rflor$ ) mostrou a relação quadrática esperada, pois foram significativos a 5% e 1% os coeficientes linear e quadrático, respectivamente. Essa relação quadrática apresentou concavidade voltada para baixo. Ao se realizar a primeira derivada parcial do desmatamento com relação à variável  $rflor$  e igualá-la a zero, chega-se a um ponto de máximo próximo a 0,5 (50% da cobertura florestal). Isso indica que, à esquerda desse ponto, o desmatamento cresce com o aumento da área relativa desmatada, ou com a diminuição da área relativa de floresta. Como se pode observar na Figura 11, que foi construída multiplicando as médias dos demais regressores significativos a 10% por seus coeficientes, o desmatamento é muito baixo, em torno de 85% da área coberta por florestas. Assim, sucessivas diminuições na área de floresta levariam ao aumento do desmatamento até aproximadamente 50%. A partir desse ponto, uma redução da área relativa de floresta reduziria o desmatamento.

Essa relação representa o processo de ocupação da Amazônia Legal, em que regiões com maior área relativa de florestas apresentam pequeno desmatamento inicial, e à medida que áreas são abertas por pioneiros, novos grupos de imigrantes são

---

<sup>17</sup> Esse coeficiente foi obtido pelo método de estimação utilizado (MMG) e não foi definido no modelo teórico.

estimulados a ocupar o território, elevando, dessa maneira, o desmatamento e reduzindo a área relativa de florestas. Esse aumento no desmatamento também ocorre devido à maior suscetibilidade a queimadas associadas ao aumento da fragmentação florestal (NEPSTAD et al., 2008). Esse processo atinge um máximo e começa a declinar em decorrência da escassez de novas áreas a serem desmatadas. Contribui também para esse comportamento o fato de as melhores áreas para cultivo serem ocupadas nos estágios iniciais. À medida que o processo de desmatamento avança, haveria menos áreas adequadas à produção agrícola e, conseqüentemente, menor desmatamento.

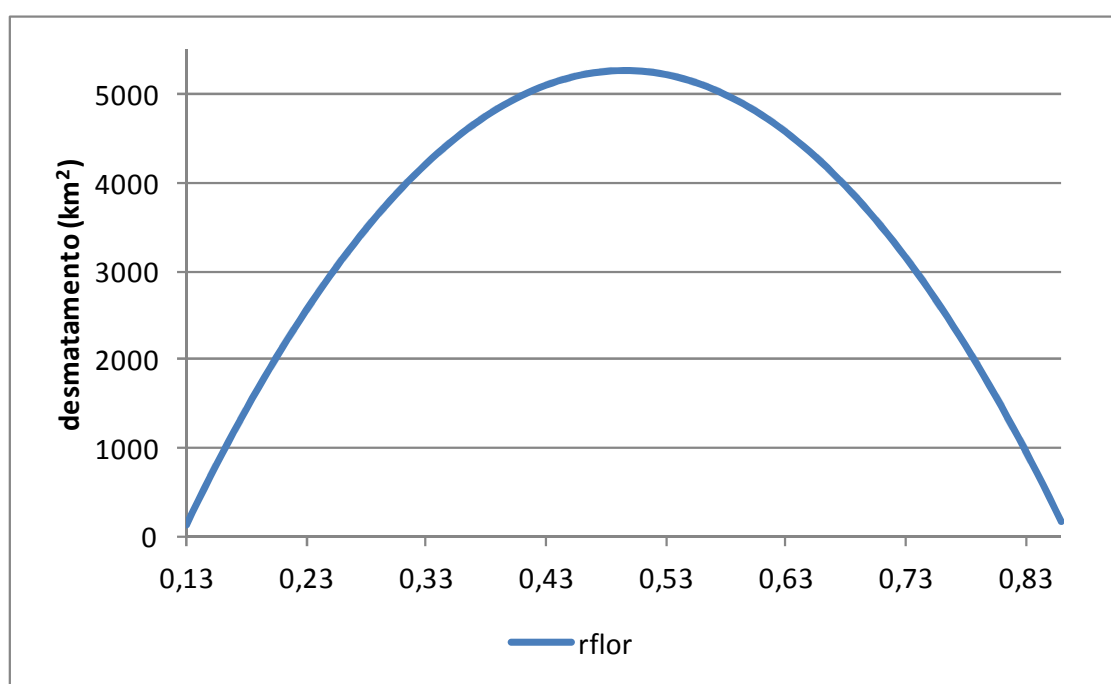


Figura 11 – Relação entre a área relativa de floresta (rflor) e o desmatamento nos estados da Amazônia Legal Brasileira.

Fonte: Resultados da pesquisa.

As variáveis relacionadas a mercado tiveram um impacto sobre o desmatamento, conforme discutido anteriormente. Um aumento de R\$ 1,00 no valor da saca de soja no ano anterior leva a um aumento no desmatamento por estado da Amazônia Legal da ordem de 78,89 km<sup>2</sup> no ano corrente. No caso da arroba do boi, um aumento de R\$ 1,00 reduz o desmatamento em cerca de 200 km<sup>2</sup>. Para os insumos utilizados na produção agrícola, um aumento de 1 ponto no índice nacional de preços pagos pelo produtor reduz o desmatamento nos estados da Amazônia Legal em 76,54 km<sup>2</sup>.

O PIB *per capita* (ppc) não apresentou a relação de Kuznets ambiental esperada, ou seja, os resultados indicam que a concavidade é voltada para cima. O ponto de

mínimo da relação PIB *per capita* com o desmatamento é de aproximadamente R\$ 12,2 mil. Assim, aumentos sucessivos na PIB *per capita* no intervalo de R\$ 0,00 a R\$ 12,2 mil reduzem o desmatamento; após esse valor, aumentos sucessivos na renda levariam a um aumento no nível de desmatamento. A Figura 12 expressa essa relação, sendo construída a partir dos coeficientes estimados e das médias das outras variáveis explicativas.

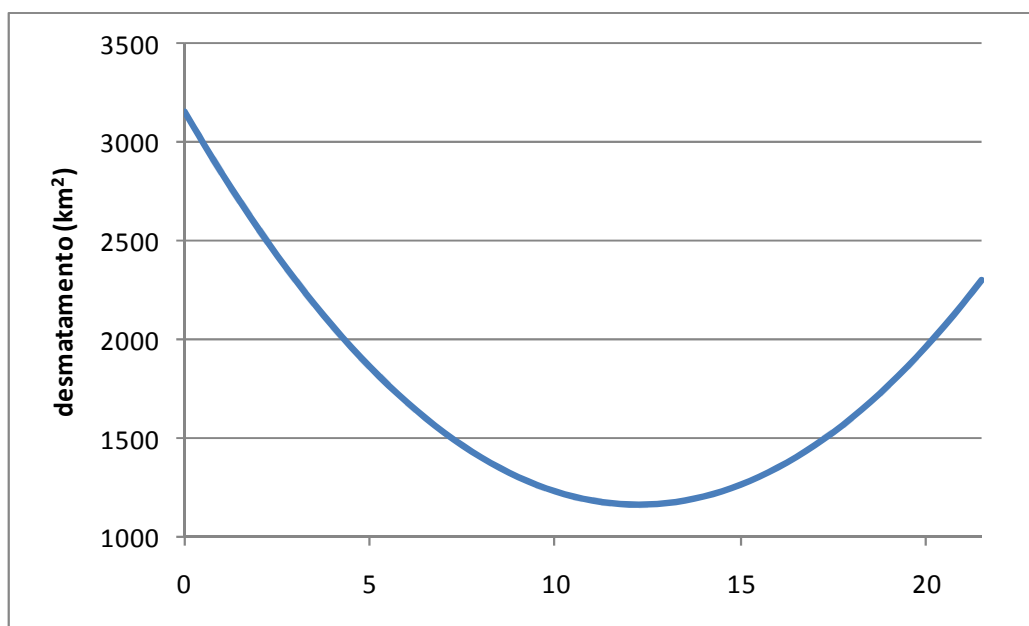


Figura 12 – Relação entre PIB *per capita* e desmatamento nos estados da Amazônia Legal brasileira.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Essa relação é explicada pelo fato de o PIB *per capita* nos estados da Amazônia Legal estar relacionado em grande parte ao setor agropecuário e, portanto, ao uso mais intensivo do fator terra. Os estados que apresentaram ppc maior que R\$ 12,2 mil no ano de 2008 foram Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Rondônia e Roraima e os que apresentaram valores inferiores foram Acre, Maranhão, Pará e Tocantins. Contudo, cabe ressaltar que a evidência da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal é ambígua. Segundo Oliveira e Almeida (2010), essa relação não é observada na maioria dos municípios dessa região. Quando observada, ela é bastante heterogênea, apresentando diversos formatos. Assim, evidências estaduais podem não estar relacionadas ao processo de desenvolvimento desses estados, sendo necessária uma análise mais desagregada, o que está exposto nos resultados municipais.

O desmatamento também foi positivamente associado à população, em que um aumento de 10.000 habitantes levaria a um aumento de 3 km<sup>2</sup> no desmatamento dos estados da Amazônia Legal. O crédito rural apresentou uma relação positiva com o desmatamento, pois um aumento de R\$ 1 milhão no crédito liberado para cada estado da Amazônia Legal eleva o desmatamento em 2,9 km<sup>2</sup>. Dessa forma, constatou-se a relação esperada de que a disponibilidade de crédito rural influencia a decisão de investimento dos agricultores, elevando o desmatamento.

Os coeficientes estimados mostram que o desmatamento está mais relacionado com as causas estruturais do que com as políticas governamentais na forma de investimentos em transporte, disponibilidade de crédito rural e gastos com agricultura. Dessa forma, as políticas governamentais representadas por essas variáveis pouco têm influenciado o desmatamento nos estados da Amazônia Legal nos últimos anos. Contudo, as políticas relacionadas à melhoria na fiscalização e ao embargo de áreas ilegais não puderam ser analisadas no modelo.

#### **5.1.1. Efeitos Líquidos das Políticas Governamentais sobre o Desmatamento**

Visando complementar a análise discutida na seção anterior, procedeu-se ao cálculo dos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento. Essa análise consiste em verificar a significância estatística dos resíduos da regressão, desconsiderando as variáveis políticas. Portanto, o modelo desenvolvido nessa subseção não é adequado para calcular os coeficientes, haja vista que há omissão de variáveis por definição. Combes Motel et al. (2009) propuseram essa abordagem com o intuito de medir “se” houve efeitos significativos, e não determinar o valor absoluto do efeito líquido.

Na estimação dos modelos, não foi considerada a endogeneidade da população com o desmatamento, não tendo sido o Método dos Momentos Generalizados – MMG utilizado nessas estimações. Optou-se pelo modelo *polled*, em detrimento do EF, como o representativo do cálculo dos efeitos líquidos das políticas por dois motivos. Primeiro, uma das formas de políticas praticadas pelos governos nas três esferas de poder é a criação de áreas de preservação, reservas indígenas, parques, reservas extrativistas, bases militares, entre outras. Silva (2009) verificou que as presenças de tais áreas nos municípios da Amazônia Legal estão negativamente relacionadas com o desmatamento. Como a ocorrência dessas áreas nos estados analisados é relativamente estável no tempo, essas políticas estariam associadas à heterogeneidade individual de cada estado, dessa forma, seriam captadas pelos efeitos fixos na estimação. Segundo, as políticas de

desenvolvimento aplicadas na Amazônia Legal ao longo da segunda metade do século XX levaram em conta a dotação de recursos de cada estado e tiveram um caráter essencialmente estrutural (LIRA et al., 2009), ou seja, em áreas em que houvesse boas condições para a agricultura, foram aplicados modelos de desenvolvimento voltados para o setor agrário. Em áreas sem essa vocação, foram aplicados outros modelos, caso da Zona Franca de Manaus – ZFM. Assim, essas características de cada estado, que podem ser representadas pelos EF, foram consideradas na aplicação de políticas.

Os resultados para o modelo *polled* estão expostos na Figura 13. A linha vermelha em cada diagrama representa o limite de 10% de significância, ou seja, se os resíduos em um estado ultrapassarem a linha vermelha superior (inferior) em um determinado ano, houve efeito líquido positivo (negativo) das políticas sobre o desmatamento. Em outras palavras, efeitos líquidos positivos são aqueles relacionados ao balanço das políticas que incentivam o desmatamento. Os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Rondônia, Roraima e Tocantins tiveram efeitos líquidos iguais a zero em todos os anos, em outras palavras, o desmatamento observado foi equivalente ao desmatamento estrutural, ou seja, ao desmatamento associado a variáveis não controladas pelos formuladores de políticas.

Para o estado do Mato Grosso, foram observados efeitos líquidos positivos das políticas sobre o desmatamento nos anos de 2001, 2003 e 2004 e negativos no ano de 2008 (Figura 13e). No Pará, o modelo indicou que houve efeitos líquidos positivos nos anos de 2001 e 2004 (Figura 13f). Assim, os estados que foram alvos de políticas de desenvolvimento direcionadas para o setor agrícola durante o processo de ocupação da Amazônia Legal apresentaram efeitos líquidos de políticas positivos.

Ao se considerar a mensuração dos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento, constata-se que as políticas de redução do desmatamento têm anulado o efeito das políticas que incentivam o desmatamento na Amazônia Legal, com exceção dos estados do Mato Grosso e Pará. Isso indica que as políticas adotadas nesses estados não estão sendo efetivas na redução do desmatamento decorrente de causas estruturais, tais como mudanças nos preços agrícolas.



Figura 13 – Efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento da Amazônia Legal para o modelo *polled* nos estados do Acre (a), Amazonas (b), Amapá (c), Maranhão (d), Mato Grosso (e), Pará (f), Rondônia (g), Roraima (h) e Tocantins (i). A linha vermelha representa o nível de 10 % de significância.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como Lira et al. (2009) destacaram, os estados que não apresentaram efeitos líquidos significativos não receberam políticas de desenvolvimento direcionadas para a agropecuária como parte do processo de ocupação do território Amazônico nas décadas de 1960 e 1970. Com exceção do Amazonas, em que a estratégia de desenvolvimento foi a ZFM, os demais estados ficaram à margem do processo de desenvolvimento da Região.

Os estados do Mato Grosso e Pará, em que os modelos de desenvolvimento foram pautados na agropecuária, tiveram efeitos líquidos positivos em alguns anos, notadamente no ano de 2004, em que houve um grande aumento no preço da soja. Entende-se que, diante desse aumento de preço, as políticas aplicadas contra o desmatamento naquele ano foram falhas em lidar com esse cenário. Em outras palavras, não houve aplicação de nenhuma política que agisse contra o aumento do desmatamento naquele ano a fim de equilibrar os efeitos da alta de preços.

Após 2004, ambos os estados apresentaram efeitos líquidos nulos, com exceção de Mato Grosso no ano de 2008, quando se verificou efeito líquido negativo. Isso está relacionado com as políticas de redução do desmatamento implantadas pelo Governo Federal a partir de 2004. De acordo com Barreto e Silva (2010), essas políticas foram mais abrangentes que aquelas aplicadas anteriormente. As políticas adotadas em 2008 (fiscalização focada nos principais municípios desmatadores, embargos e restrição de crédito rural para áreas ilegais) explicam esse efeito líquido negativo (redução do desmatamento) no estado do Mato Grosso, comprovando a eficácia dessas políticas. Contudo, faz-se necessário avaliar o efeito dessas políticas nos anos posteriores, o que não foi possível nesse trabalho.

Entende-se que algumas das causas políticas do desmatamento da Amazônia Legal foram aquelas desenvolvidas no processo de ocupação, uma vez que definiram a vocação econômica dos estados dessa região. Assim, as políticas que visem a reduzir o desmatamento devem levar em conta os efeitos da vocação regional sobre o desmatamento. Até certo ponto, as medidas implementadas a partir de 2008 cumpriram esse papel no estado do Mato Grosso naquele ano.

## **5.2. Determinantes do Desmatamento em Nível Municipal**

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo municipal estão expostas na Tabela 8. Percebe-se que todas as variáveis, com exceção do *ipp1*, possuem variabilidade maior, em torno de média, em comparação com o modelo estadual, o que

justifica o uso do modelo municipal, uma vez que os dados são mais heterogêneos. Isso é explicado pelo fato de os dados agora apresentados serem mais desagregados, levando a maiores diferenças entre as 3704 observações. Outra informação relevante das estimativas municipais é que essas agregam duas novas variáveis à análise do desmatamento: preços do boi a nível municipal (*indbov*) e os gastos do Governo Federal com gestão ambiental (*ga*).

Tabela 8 - Estatísticas descritivas para o modelo de desmatamento municipal na Amazônia Legal

Variável	Unidade	Média	D. Padrão	Mín	Máx	CV (%)
<b>desmat</b>	Km <sup>2</sup>	34,57	86,85	0,00	1.405,30	251,20
<b>flor</b>	Km <sup>2</sup>	5.396,71	13.846,19	0,10	151.570,20	256,57
<b>rflor</b>	-	0,37	0,32	0,00	0,99	84,52
<b>rflor2</b>	-	0,24	0,30	0,00	0,98	125,26
<b>indbov</b>	-	99,96	17,60	7,68	121,87	17,61
<b>psoja1</b>	R\$/sc	42,48	9,69	31,46	56,57	22,82
<b>pboi1</b>	R\$/@	71,05	7,26	60,45	80,01	10,21
<b>ipp1</b>	-	463,33	18,90	430,77	482,18	4,08
<b>ppc</b>	Mil R\$	7,88	7,62	0,20	78,26	96,67
<b>ppc2</b>	Mil R\$	120,07	384,95	0,04	6.125,30	320,62
<b>pib</b>	Mil R\$	289.180,20	1.651.428,00	7.280,01	38.200.000,00	571,07
<b>pop</b>	Hab	30.223,97	91.042,24	1.107,00	1.709.010,00	301,23
<b>cr</b>	Mil R\$	8.586,15	21.077,64	0,00	284.275,30	245,48
<b>ag</b>	Mil R\$	348,95	983,69	0,00	22.691,74	281,90
<b>tr</b>	Mil R\$	1.104,48	3.773,25	0,00	117.338,80	341,63
<b>ga</b>	Mil R\$	107,29	638,53	0,00	14.812,50	595,17

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Variáveis:** **desmat** – desmatamento; **flor** – área de floresta inicial; **rflor** – área relativa de floresta; **rflor2** – anterior ao quadrado; **indbov** – índice de preços boi por município; **psoja1** – preço da soja no Brasil; **pboi1** – preço do boi gordo no Brasil; **ipp1** – índice de preços pagos pelos produtores no Brasil; **pib** – Produto Interno Bruto; **ppc** – PIB *per capita*; **ppc2** – anterior ao quadrado; **pop** – população; **cr** – crédito rural; **ag** – gastos do Governo Federal com agricultura; **tr** – gastos do Governo Federal com transporte; **ga** – gastos do Governo Federal com gestão ambiental.

Nota-se que a variável que apresentou maior variabilidade medida pelo Coeficiente de Variação – CV foi gastos com gestão ambiental (*ga*)<sup>18</sup>. Novamente, as variáveis relacionadas a preços foram as que tiveram menor variabilidade. As variáveis *psoja1*, *pboi1* e *ipp1* apresentaram baixa variabilidade relativa pelo fato de serem invariáveis no espaço. A variável *indbov*, apesar de variável no espaço, também apresentou variabilidade relativa baixa, evidenciando que a distribuição dos preços do

<sup>18</sup> A variável *ppc2* apresentou CV maior que *ga*, contudo, essa variável é a potência quadrada do variável *ppc*, sendo realizadas comparações somente entre os termos lineares.

boi dentro da Amazônia Legal é menos heterogênea que a maioria das outras variáveis explicativas.

Não foi possível estimar o modelo municipal por Efeitos Fixos – EF, uma vez que a variável *indbov* é invariável no tempo. Dessa forma, esse tipo de estimação apresentaria colinearidade perfeita entre esse índice e as *dummies* dos EF. Utilizou-se a abordagem dos Efeitos Aleatórios – EA, ressaltando-se que é assumida a hipótese de que os termos de erro individuais não estão correlacionados com as variáveis explicativas. Diante da impossibilidade de se estimar o modelo por EF, não foi realizado o teste de Hausman para a escolha entre esse tipo de estimação e a estimação por EA.

Para testar a endogeneidade da população (*pop*) e do crédito rural, utilizou-se o teste de Hausman. O efetivo bovino e a área de lavouras foram escolhidos como instrumentos para o crédito rural, e a área total do município e a densidade populacional foram utilizadas como instrumentos para a população. As formas reduzidas e a equação completa do teste de Hausman estão no Anexo. Na Tabela 9, estão os resultados do teste, que indicam que a hipótese nula de as variáveis explicativas *pop* e *cr* não estarem correlacionadas com o termo de erro geral não é rejeitada ao nível de 10 % de significância. Optou-se, portanto, pela estimação por EA, uma vez que o modelo MMG não foi necessário.

Tabela 9 – Teste de Hausman para endogeneidade nos regressores população (*pop*) e crédito rural (*cr*) para o modelo municipal

Teste	respop=rescr=0
Estat. $\chi^2(2)$	2,30
P-valor $\chi^2$	0,3170

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ao contrário do modelo estadual, o teste de Hausman não identificou a endogeneidade estatística entre o desmatamento com crédito rural e população. Assim, o resultado obtido para o modelo estadual pode estar associado a dois fatores. Primeiro, o desmatamento a nível municipal pode possuir uma dinâmica diferente do desmatamento a nível estadual. Segundo, o resultado do teste de Hausman no modelo estadual pode ter sido influenciado pelo viés de agregação. Esse viés foi corrigido pela desagregação do modelo municipal. Assim, constata-se que a endogeneidade teórica do desmatamento com população e crédito rural não foi constatada pelo teste de Hausman. Cabe ressaltar que o método de estimação utilizado no modelo estadual (MMG) foi válido, uma vez que foi constatada endogeneidade estatística e esse problema teve que

ser corrigido dadas as implicações econométricas de viés e inconsistência dos parâmetros estimados.

A fim de testar a robustez do modelo à presença dessa variável nas estimações, foram testados três modelos (Tabela 10): o Modelo I foi estimado com todas as variáveis propostas; o Modelo II foi estimado sem a variável *pboi1*; e o Modelo III foi estimado sem a variável *psoja1*. Em todos os modelos, a hipótese nula de todos os coeficientes serem conjuntamente iguais a zero foi rejeitada ao nível de 1 % de significância pelo teste  $\chi^2$ .

Tabela 10 – Coeficientes dos modelos municipais estimados por efeitos aleatórios para o desmatamento na Amazônia Legal

	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Coef.	Estat. z	Coef.	Estat. z	Coef.	Estat. z
<b>flor</b>	0,0016***	6,86	0,0016***	6,89	0,0016***	6,89
<b>rflor</b>	167,30***	5,94	167,76***	5,96	168,61***	5,99
<b>rflor2</b>	-92,74***	-3,08	-94,51***	-3,14	-94,90***	-3,14
<b>indbov</b>	0,7572***	3,69	0,7397***	3,61	0,7410***	3,61
<b>psoja1</b>	1,39***	4,5	0,8263***	9,86	-	-
<b>pboi1</b>	-1,43*	-1,89	-	-	1,84***	8,95
<b>ipp1</b>	-0,91***	-3,78	-0,4627***	-10,84	0,1195 <sup>NS</sup>	1,57
<b>ppc</b>	1,93***	3,42	1,95***	3,46	1,84***	3,25
<b>ppc2</b>	-0,0202**	-2,3	-0,0202**	-2,29	-0,0183**	-2,08
<b>pib</b>	0,0000 <sup>NS</sup>	-1,41	0,0000 <sup>NS</sup>	-1,39	0,0000 <sup>NS</sup>	-1,34
<b>pop</b>	0,0001 <sup>NS</sup>	1,38	0,0001 <sup>NS</sup>	1,38	0,0001 <sup>NS</sup>	1,39
<b>cr</b>	0,0002**	2,29	0,0002**	2,35	0,0002***	2,62
<b>ag</b>	-0,0031*	-1,79	-0,0032*	-1,85	-0,0036**	-2,06
<b>tr</b>	0,0007*	1,85	0,0007*	1,83	0,0007*	1,70
<b>ga</b>	0,0014 <sup>NS</sup>	0,58	0,0014 <sup>NS</sup>	0,58	0,0013 <sup>NS</sup>	0,55
<b>constante</b>	357,50**	2,33	74,09**	2,29	-291,45*	-5,51
$\chi^2$	gl = 15	522,24	gl = 14	518,62	gl = 14	500,2
<b>Prob. <math>\chi^2</math></b>	0,000		0,000		0,000	

\*\*\*Significativo a 1 %; \*\* significativo a 5 %; \*significativo a 10 %; NS não significativo a 10 %.

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Variáveis:** *desmat* – desmatamento; *flor* – área de floresta inicial; *rflor* – área relativa de floresta; *rflor2* – anterior ao quadrado; *indbov* – índice de preços boi por município; *psoja1* – preço da soja no Brasil; *pboi1* – preço do boi gordo no Brasil; *ipp1* – índice de preços pagos pelos produtores no Brasil; *pib* – Produto Interno Bruto; *ppc* – PIB *per capita*; *ppc2* – anterior ao quadrado; *pop* – população; *cr* – crédito rural; *ag* – gastos do Governo Federal com agricultura; *tr* – gastos do Governo Federal com transporte; *ga* – gastos do Governo Federal com gestão ambiental.

Com exceção da variável *ipp1*, *psoja1* e *pboi1* e das constantes, não houve nenhuma variação expressiva quanto à significância e ao valor do coeficiente das outras variáveis. Assim, os outros coeficientes são estáveis a diferentes especificações nos

preços agrícolas, sendo os resultados robustos a essas mudanças. No Modelo I, a variável *psoja1* foi significativa a 1% e apresentou sinal positivo, e a variável *pboi1* foi significativa a 5% e apresentou sinal negativo. No Modelo II, a variável *psoja1* apresentou sinal positivo e significativo a 1%. No Modelo III, a variável *pobi1* foi significativa a 1% e apresentou sinal positivo.

Como já constatado por Silva (2009) e Arima et al. (2011), a soja tem uma forte relação com o desmatamento. Dessa forma, não considerar o preço da soja na estimação seria um erro de especificação, sendo o Modelo III inapropriado para as considerações deste trabalho. Então, a escolha do melhor modelo ficaria entre os Modelo I e II. Assim, deve-se definir se a relação negativa do preço boi ao longo do tempo tem alguma explicação lógica. Como discutido anteriormente, essa relação é explicada pela retração do efetivo bovino quando o ciclo de preços da pecuária está no ápice, o que levaria a essa relação negativa. Ademais, assume-se que o aumento do preço do boi gordo esteja relacionado com o aumento do preço do bezerro, o que poderia reduzir a rentabilidade da atividade pecuária, reduzindo o impacto no desmatamento.

Somente as variáveis PIB (*pib*), população (*pop*) e gastos do Governo Federal em gestão ambiental (*ga*) não foram significativas ao nível de 10% no Modelo I. As variáveis que não apresentaram os coeficientes esperados foram *pboi1*, o que já foi justificado anteriormente, e gastos do Governo Federal com agricultura (*ag*), que apresentou sinal negativo. O resultado obtido para população contrasta com o alcançado para essa variável no modelo estadual, uma vez que naquele modelo essa variável apresentou coeficiente significativo a 1%. Já a significância das variáveis *ag* e *tr* também diferiram do modelo estadual, sendo, agora, significativas a 10%. Esse resultado sugere que essas políticas têm um efeito local, não observado nas estimações agregadas a nível estadual.

O coeficiente da variável *flor* indica que quanto maior a área de floresta absoluta, maior será o desmatamento. Assim, se um município possui 100 km<sup>2</sup> de florestas a mais que outro, seu desmatamento tende a ser 0,16 km<sup>2</sup> maior. Constatou-se também uma relação quadrática entre a área relativa de florestas e o desmatamento. A Figura 14 representa essa relação, sendo construída a partir da multiplicação dos coeficientes das variáveis significativas a 10% pelas respectivas médias. Por volta de 90 % de área relativa de floresta, o desmatamento tende a se reduzir com a diminuição da área relativa. Na prática, isso significa dizer que o desmatamento começa a se reduzir em níveis muito baixos de redução da cobertura florestal, aproximando-se de uma relação linear.

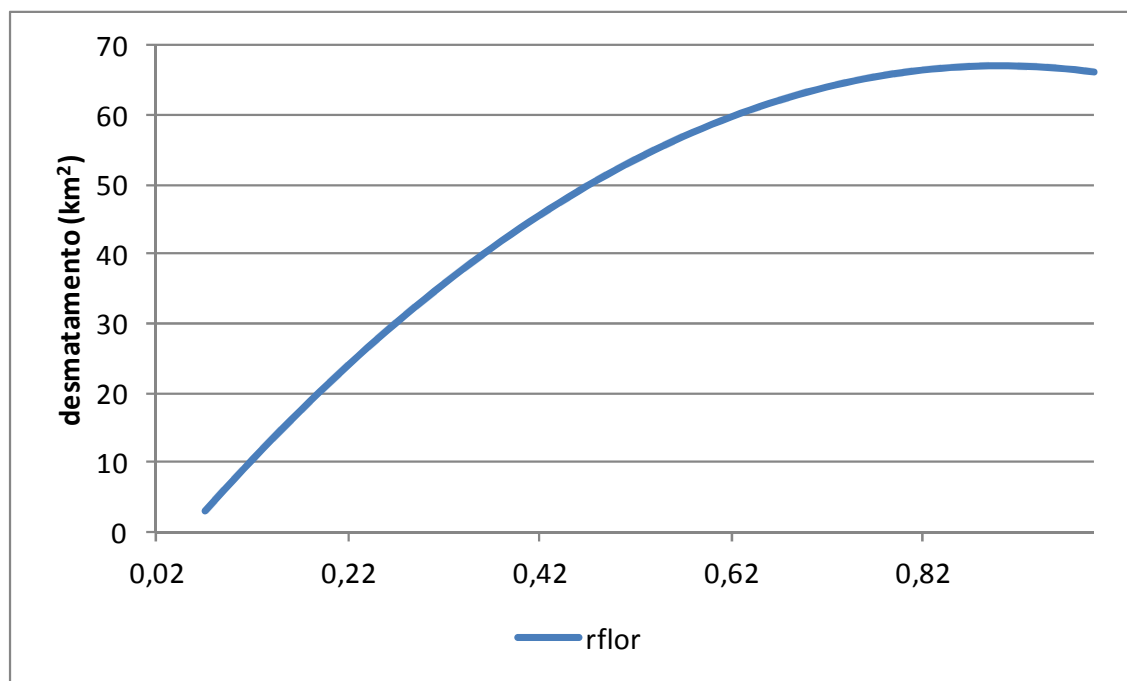


Figura 14 – Relação entre a área relativa de floresta (rflor) e o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Dessa forma, constatou-se diferença entre os resultados obtidos para a relação do rflor com desmatamento no modelo estadual e municipal. No modelo estadual, a relação quadrática ficou bem evidenciada, tendo apresentado ponto de máximo em torno de 50% da área desmatada. O processo de desmatamento a nível estadual inicia-se nos municípios que estão na fronteira agrícola e se intensifica até atingir um máximo em cerca de 50% da área desmatada. A nível municipal, a relação entre o desmatamento e a área relativa é quase linear, ou seja, o desmatamento se reduz com a diminuição da área de florestas relativas

Os preços do boi entre os municípios da Amazônia Legal, representado pela variável indbov, têm uma relação positiva com o desmatamento. Uma variação de 10 pontos nesse índice elevaria o desmatamento em 7,6 km<sup>2</sup> nos municípios da Amazônia. Assim, municípios com melhores condições de acesso apresentam maiores índices de desmatamento, uma vez que os custos de transporte foram considerados na construção do índice municipal do preço do boi. Esse relacionamento positivo também foi constatado por Arima et al. (2007), Silva (2009) e Arima et al. (2011).

Um aumento de R\$ 1,00 no preço da saca de soja no mercado brasileiro elevaria o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal em 1,39 km<sup>2</sup>. Para o preço da

arroba do boi gordo no mercado nacional, um aumento de R\$ 1,00 diminuiria em 1,49 km<sup>2</sup> o desmatamento. Os preços dos insumos agrícolas apresentaram relação negativa, e um aumento de 10 pontos nos índices diminuiria o desmatamento em 9,1 km<sup>2</sup>.

Esses resultados comprovam uma relação de Mudança Indireta no Uso da Terra - MIUT na Amazônia Legal. Variações nos preços da soja ao longo do tempo no mercado brasileiro são influenciadas por choques internacionais de oferta e demanda. Observa-se, principalmente, aumento de consumo de proteína animal em países emergentes, cuja produção utiliza a soja como insumo. Assim, esses choques alteram a lucratividade da soja no Brasil, fazendo com que a cultura ocupe novas áreas. Conforme constado por Arima et al. (2011), o aumento da área de soja sobre áreas de pastagens leva ao avanço das pastagens sobre a floresta. Enquanto aqueles autores verificaram esse relacionamento a nível geográfico, este trabalho captou o efeito do preço para a MIUT. Como comprovado pela variável *indbov*, a pecuária tende a ocupar áreas em que as condições de acesso são melhores, portanto, onde os preços são maiores.

A relação de Kuznets ambiental de “U” invertido foi verificada para o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal (Figura 15), uma vez que, a níveis de renda *per capita* mais baixo, o desmatamento tende a aumentar com o aumento da renda. Após atingir um desmatamento máximo, o desmatamento começa a diminuir com o aumento da renda. Contudo, o nível de renda *per capita* em que o ponto de desmatamento é máximo foi de cerca de R\$ 48.000,00, o que não condiz com a realidade amazônica, que apresenta renda *per capita* média de cerca de R\$ 7.800,00. Na prática, aumentos de renda na Amazônia acarretariam aumento no desmatamento, dado que o ponto de máximo ocorre a um nível muito alto de renda, maior até que os verificados na maioria dos países desenvolvidos. Isso ocorre porque, em grande parte, o processo de desenvolvimento da Amazônia Legal foi direcionado para o setor primário, com destaque para o setor agrícola. Portanto, o aumento da renda *per capita* está geralmente associado ao aumento da exploração de áreas agrícolas e ao desmatamento.

Contudo, como ressaltaram Oliveira e Almeida (2010), a relação entre PIB *per capita* e desmatamento na Amazônia Legal é bastante ambígua. Isso fica evidenciado neste trabalho, uma vez que o resultado do modelo estadual foi totalmente diferente do modelo municipal. Todavia, ambos os modelos indicam que, no atual nível médio de renda para a região, aumentos sucessivos levariam a aumentos no desmatamento.

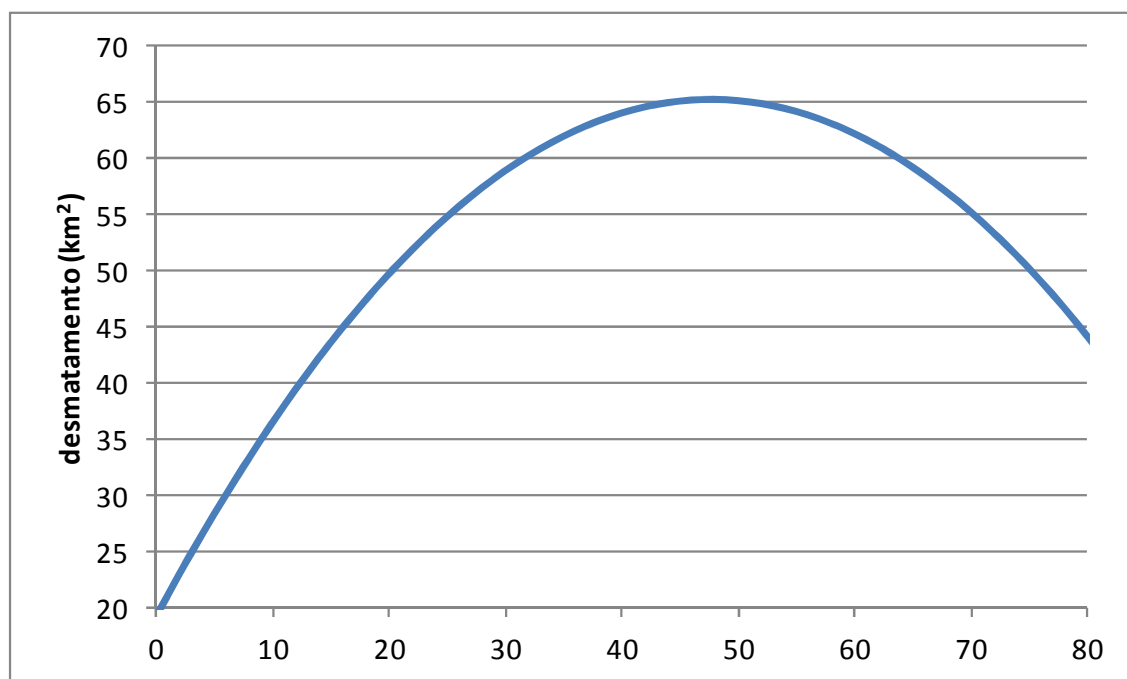


Figura 15 – Relação entre renda *per capita* e desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira.

Fonte: Resultados da pesquisa

O crédito rural e os gastos com transporte apresentaram relação positiva. Um aumento de R\$ 1 milhão de reais de crédito agrícola por município elevaria o desmatamento em 0,2 km<sup>2</sup>. Essa relação positiva do crédito rural já foi verificada para os municípios do estado do Pará por Prates e Serra (2009), e para os municípios a Amazônia Legal como um todo, por Silva (2009). Isso comprova que o financiamento governamental ao setor agropecuário incentiva o desmatamento na Amazônia Legal. Para os gastos com transporte, o mesmo aumento de R\$ 1 milhão elevaria o desmatamento em 0,8 km<sup>2</sup>. Esse aumento no desmatamento ocorreria de duas formas. Primeiro, o aumento nos gastos com transporte melhoraria as condições de acesso ao respectivo município, diminuindo os custos de transporte, elevando os preços dos produtos agropecuários, aumentando a atratividade do setor. Segundo, de acordo com Weinhold e Reis (2008), os investimentos em transporte podem gerar expectativa de valorização da terra, levando ao desmatamento de áreas que se localizariam próximas ao traçado de novas estradas.

O gasto com agricultura apresentou sinal negativo, ao contrário das expectativas. Há duas explicações para esse resultado. Primeiro, esses gastos podem estar associados à melhoria das instituições no espaço amazônico, como fiscalização sanitária agropecuária. Como o desmatamento, muita das vezes, configura uma transgressão, os

agentes envolvidos estão acostumados a não cumprir as exigências legais. Assim, além de desmatar, eles procuram exercer suas atividades sem cumprir as exigências sanitárias vigentes, sobretudo na pecuária de corte, procurando áreas onde a fiscalização é menor, ou seja, nas quais os gastos com agricultura são menores. Segundo, os gastos com política agrícola entram na conta de gastos com agricultura do Governo Federal. Tradicionalmente, esses gastos são direcionados para os grãos em detrimento da pecuária. Assim, esses recursos vão ser direcionados a áreas em que os grãos, sobretudo a soja, são as principais culturas. As áreas de grão estão localizadas em regiões nas quais a fronteira já foi consolidada, com menos áreas para desmatar, levando à associação negativa entre gastos com agricultura e desmatamento.

Como foi utilizada a especificação linear-linear, em que não se aplicou o logaritmo em nenhuma das variáveis, não foi possível calcular as elasticidades diretamente dos coeficientes estimados das variáveis explicativas sobre o desmatamento. Para obter esse indicador, utilizou-se o cálculo das elasticidades no ponto, uma técnica amplamente utilizada nas aplicações econômicas, por meio da primeira derivada e das médias das variáveis relacionadas a preços (indbov, psoja1, pboi1 e ipp1) e a políticas governamentais (cr, ag, tr) que se mostraram significativas.

Os resultados dos cálculos das elasticidades estão expostos na Tabela 11. A elasticidade de indbov indica que um aumento de 1% no índice de preço do boi gordo entre os municípios da Amazônia Legal leva a um aumento de cerca de 2,19% no desmatamento entre os municípios. O aumento do preço da soja em 1% ao longo do tempo impacta num aumento de 1,7% no desmatamento. A variação de 1% no preço do boi ao longo do tempo no mercado brasileiro leva a uma variação contrária de 2,93% no desmatamento. Um aumento de 1 % no índice de preços pagos pelos produtores acarreta uma diminuição de 12,2 % no desmatamento. O que torna o desmatamento tão sensível a variações nos preços pagos pelos insumos é o fato de esse índice impactar sobre todas as atividades agrícolas, enquanto os preços da soja e do boi estarem relacionados somente com as respectivas atividades.

Tabela 11 – Elasticidades de resposta do desmatamento às variáveis indbov, psoja1, pboi1, ipp1, cr, ag e tr

Variável	Elasticidade
indbov	2,189524
psoja1	1,702954
pboi1	-2,93049
ipp1	-12,2083
cr	0,054045
ag	-0,03167
tr	0,023313

Fonte: Resultados da pesquisa.

A elasticidade do crédito rural foi de 0,054, ou seja, um aumento de 1% na concessão de crédito rural nos municípios da Amazônia Legal brasileira leva a um aumento de 0,05% no desmatamento. Um aumento de 1% nos gastos com agricultura reduz o desmatamento em 0,032%. Por fim, um aumento com gastos com transporte em 1% gera um aumento de 0,023% no desmatamento.

Percebe-se, portanto, que o desmatamento é mais sensível (elástico) às variáveis de mercado e menos sensível (inelástico) a variações nas políticas públicas relacionadas a gastos do Governo Federal. Isso indica que não são as políticas de crédito rural e de investimentos em estradas as principais causas do desmatamento, e sim as variações nos mercados agrícolas.

Cabe ressaltar que os preços a nível municipal do boi estão relacionados aos custos de transporte no ano de 2001, refletindo o nível do estoque de capital em transporte até aquele ano. A variável tr capta o investimento bruto em infraestrutura de transporte, uma vez que não considera a depreciação, configurando uma variável de fluxo. Além disso, os investimentos em transporte realizados nos últimos anos tinham um caráter de recuperar a depreciação das estradas, ou seja, não aumentaram o estoque de capital de transporte. Esse cenário é bastante diferente daquele observado nas décadas de 1950, 1960 e 1970, quando grandes investimentos em estoque de capital em transporte foram realizados na Amazônia Legal, representados principalmente pela rodovia Belém-Brasília, Cuiabá-Santarém, Trans-Amazônica, entre outras. Destarte, percebe-se que melhores condições de acesso relacionadas ao nível de capital de transporte estão associadas ao maior preço do boi gordo nos municípios e ao desmatamento na Amazônia Legal. Contudo, os investimentos realizados após 2001 não contribuíram de forma significativa para o aumento do desmatamento.

### 5.3. Síntese dos Principais Resultados Estaduais e Municipais

As estimativas mostraram-se bastante semelhantes entre os modelos estimados. Na Tabela 12, estão expostos a comparação dessas duas estimativas, ambas considerando o preço da soja (psoja1), e o preço do boi (pboi1). O sinal se mantém o mesmo para a maioria dos coeficientes estimados, com exceção para ppc, ppc2 e ag. Observa-se que as estimativas municipais apresentam mais coeficientes significativos a 1% do que as estimativas estaduais, em decorrência, principalmente, da amostra maior e da desagregação do nível de análise.

Tabela 12 – Comparação dos sinais e da significância dos coeficientes entre o modelo estadual e o modelo Municipal

	Estimativas estaduais		Estimativas municipais	
	Sinal	Significância	Sinal	Significância
<b>flor</b>	+	1%	+	1%
<b>rflor</b>	+	5%	+	1%
<b>rflor2</b>	-	1%	-	1%
<b>indbov</b>	n/a	n/a	+	1%
<b>psoja1</b>	+	1%	+	1%
<b>pboi1</b>	-	1%	-	10%
<b>ipp1</b>	-	1%	-	1%
<b>ppc</b>	-	5%	+	1%
<b>ppc2</b>	+	5%	-	1%
<b>pib</b>	-	NS	n/a	NS
<b>pop</b>	+	1%	+	NS
<b>cr</b>	+	1%	+	5%
<b>ag</b>	+	NS	-	10%
<b>tr</b>	+	NS	+	10%
<b>ga</b>	n/a	n/a	+	NS

Fonte: Resultados da pesquisa.  
n/a: não aplicável; NS: não significativo a 10%.

Com maior diferença entre as duas estimações está a significância estatística da variável população (pop), uma vez que foi significativa a 1% para a análise estadual e não significativa a 10% na análise municipal. Os gastos do Governo Federal com agricultura (ag) e transporte (tr) passaram de não significativos a 10% na análise estadual para significativo a 10% na análise municipal.

Dessa forma, constata-se que não houve muitas diferenças entre as análises estadual e municipal, evidenciando que, em relação ao viés de agregação, o modelo se mostrou robusto. Assim, trabalhos que fazem análises a nível estadual por questão de disponibilidade de dados não estariam viesados.

## 6. Considerações Finais

A análise das causas do desmatamento na Amazônia Legal brasileira foi a principal motivação desse estudo. Essas causas podem ser divididas em dois grandes grupos: políticas governamentais e variáveis relacionadas aos mercados agrícolas. A preocupação com o desmatamento é justificada pelos problemas associados a esse fenômeno: perda de biodiversidade, serviços ambientais e o aquecimento global

A trajetória de desenvolvimento da Amazônia Legal foi estreitamente relacionada com a derrubada de florestas para o estabelecimento da atividade agrícola. Mais recentemente, o principal fator associado ao desmatamento é a soja, uma vez que mudanças no mercado desse grão acompanham a evolução da conversão florestal na Amazônia Legal. Contudo, esse mecanismo ocorre por meio da Mudança Indireta no Uso da Terra – MIUT, em que a soja substitui o espaço ocupado pela pecuária de corte, que, por sua vez, ocupa áreas outrora cobertas por florestas. Assim, entende-se que a pecuária seja o vetor do desmatamento.

A teoria utilizada propunha que diversas variáveis estariam ligadas ao desmatamento. Essas variáveis podem ser divididas em estruturais, ligadas a fatores alheios aos formuladores de políticas, e variáveis políticas propriamente ditas. A fim de testar a associação de cada grupo de variáveis com o desmatamento, foram propostos dois modelos: um estadual e outro municipal. O modelo estadual foi adaptado, por meio de uma análise residual, a fim de medir o efeito líquido das políticas sobre o desmatamento.

Os resultados do modelo estadual propõem que as políticas governamentais recentes que objetivam a redução do desmatamento, relacionadas à fiscalização focada nos municípios que apresentam as maiores taxas de desmatamento, a embargos a áreas

de desmatamento ilegal e à restrição de crédito rural para os agricultores que não cumprem a legislação ambiental, têm sido bastante efetivas no estado do Mato Grosso. O modelo estadual também mostrou que o desmatamento na Amazônia Legal está associado a variáveis de mercado como o preço da soja, do boi e dos insumos agrícolas. Esse modelo também indica que, das variáveis de políticas utilizadas, somente o crédito rural se mostrou relacionado ao desmatamento na Amazônia Legal.

O cálculo dos efeitos líquidos mostrou que na maioria dos anos as políticas tiveram efeito zero sobre o desmatamento, ou seja, as políticas governamentais não estão reduzindo o desmatamento na Região. As exceções nesse cenário foram o ano de 2003, 2004, em que os estados do Mato Grosso e do Pará apresentaram efeitos líquidos positivos, evidenciando que o desmatamento observado foi maior que o estrutural. Isso significa que, nesses anos, houve um crescimento do desmatamento maior que o esperado diante das variáveis de mercado, o que pode estar relacionado à ausência de políticas. No ano de 2008, o estado do Mato Grosso apresentou efeito líquido negativo, indicando que as políticas aplicadas nos últimos anos têm surtido efeito na redução do desmatamento.

O modelo municipal validou alguns dos resultados observados no modelo estadual. Ficou comprovado que o desmatamento é mais sensível à mudança nas variáveis de mercado do que a variáveis políticas. Cabe destacar que se verificou no modelo municipal uma relação de Kuznets ambiental, contudo, o ponto de virada se daria a um nível muito alto de renda. Isso é consequência do desenvolvimento direcionado para o setor agrícola ocorrido na maioria das regiões da Amazônia Legal.

Outra indicação do modelo municipal é que variáveis relacionadas aos mercados agrícolas têm maiores impactos sobre o desmatamento do que as variáveis associadas aos gastos do Governo. Assim, deve-se esperar um aumento no desmatamento quando os preços agrícolas, sobretudo o preço da soja, estiverem elevados.

Como propostas de políticas de redução do desmatamento, sugere-se que as ações governamentais devem focar na reversão das políticas desenvolvimentistas aplicadas na segunda metade do século XX. Essas políticas tinham um caráter de exploração de recursos naturais e foram implementadas sem levar em conta as emissões de GEE e os problemas associados.

Apesar de essas políticas não serem mais vigentes, elas têm um caráter estrutural e sua inércia não foi contrabalanceada nos últimos 20 anos. De fato, a redução do crédito rural associada ao rezoneamento agrícola, política que tem sido adotada recentemente, não seria muito expressiva sobre a redução do desmatamento, dada a

baixa sensibilidade do desmatamento ao crédito rural. As atividades responsáveis pelo desmatamento de forma direta, principalmente a pecuária, acontecem à margem da concessão direta de crédito, estando associadas à capitalização ocorrida pela venda de terras cobertas com pastagens para a implantação de lavoura de soja.

É necessário pensar um modelo de desenvolvimento diferenciado para o espaço amazônico, com uso mais intensivo de capital e de trabalho, a fim de diminuir o uso intensivo de terra. Destarte, o crédito rural teria um importante papel na redução do desmatamento, pois permitiria os investimentos necessários. A posse da terra deveria estar associada à produtividade, sobretudo no que diz respeito à pecuária, uma vez que a média de cabeças por hectare na Amazônia Legal é muito baixa, menos de uma cabeça por hectare. Essa baixa produtividade está associada ao fato de a posse de terra na Amazônia Legal estar associada ao acúmulo de riqueza e não somente à geração de renda oriunda da atividade agrícola.

Alguns pontos que esse trabalho não abrange e que poderiam ser implementados em futuros trabalhos são o entendimento de como a legislação e os conflitos agrários afetam o desmatamento e a utilização de teorias e métodos estatísticos que tratam da questão espacial.

Por fim, conclui-se que as políticas públicas tiveram um caráter marginal sobre o desmatamento na Amazônia Legal ao longo da última década, tanto no incentivo, quanto no combate a esse problema. A exceção a essa constatação tem se manifestado nos últimos anos com a expressiva redução do desmatamento. Contudo, essa redução associada a políticas públicas não pôde ser constatada nesse trabalho pela limitação na disponibilidade de dados. Dessa forma, a hipótese de que os principais indutores do desmatamento na Amazônia Legal brasileira sejam os preços agrícolas, em detrimento das políticas públicas, não foi rejeitada.

## Referências

ANDERSEN, L. E.; GRANGER, C. E. J.; REIS, E. J.; WEINHOLD, D.; WUNDER, S. **The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon.** Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2002. 259 p.

ANGELSEN, A. Agricultural expansion and deforestation: modeling the impact of population, market forces and property rights. **Journal of Development Economics**, v. 58, p. 185-218, 1999.

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

ARAÚJO, C.; BONJEAN, C. A.; COMBES, J-L.; COMBES MOTEL, P.; REIS, E. J. Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8-9, p. 2461-2468, 2009.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification in panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, n. 58, p. 277-297, 1991.

ARIMA, E. Y.; SIMMONS, C. S.; WALKER, R. T.; COCHRANE, M. A. Fire in the Brazilian Amazon: spatially explicit model for policy impact analysis. **Journal of Regional Science**, v. 47, n. 3, p. 541-567, 2007.

ARIMA, E. Y.; RICHARDS, P.; WALKER, R.; CALDAS, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 6, 2011.

BARRETO, P.; PEREIRA, R.; ARIMA, E. A Pecuária e o Desmatamento na Amazônia na Era das Mudanças Climáticas. **IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.** Belém, dez. 2008.

BARRETO, P.; SILVA, D. Will cattle ranching continue to drive deforestation in the Brazilian Amazon? **IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia**. Belém, nov. 2010.

BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**. 3<sup>a</sup> ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005. 302 p.

BAUM, C.F. **An introduction to modern econometrics using Stata**. Texas: StataCorp LP/College Station, 2006.

BRAGANÇA, R. C.; BUENO, N. P. O ciclo pecuário no Brasil: uma análise usando a metodologia da dinâmica de sistemas. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 8, n. 2, p. 199-220, 2010.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics Using Stata**. 1<sup>a</sup> ed. College Station, Texas: Stata Press Publication, 2009. 692 p.

CATTANEO, A. **Balancing agricultural development and deforestation in the Brazilian Amazon**. Washington, DC: International food policy research institute, 2002. 137 p.

COMBES MOTEL, P.; PIRARD, R.; COMBES, J. L. A methodology to estimate impacts of domestic policies on deforestation: Compensated Successful Efforts for “avoided deforestation” (REDD). **Ecological Economics**, v. 68, p. 680-691, 2009.

COSTA, F.; CAIXETA FILHO, J.; ARIMA, E. Y. Influência do transporte no uso da terra: o caso da logística de movimentação de grãos e insumos na Amazônia Legal. In: CAIXETA FILHO, J.; GARNEIRO, A. H. (Eds.). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2001, p. 21-39.

CUNHA, D. A.; LIMA, J. E.; BRAGA, M. J. Integração espacial do mercado de boi gordo: uma análise de cointegração threshold. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 28, n. 53, p. 251-267, 2010.

DINIZ, M. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. N.; TROMPIERI NETO, N.; DINIZ, M. J. T. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova economia**, v. 19, n. 1, p. 121-151, 2009.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global Forest Resources Assessment 2010 – Main report**. Roma, Itália: FAO, 2010. 340 p.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conservation Biology**, v.19, n. 3, 2005.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **FGVdados**. Disponível em : <<http://portalibre.fgv.br>>. Acesso em 14 abr. 2011.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. **Bioscience**, v. 52, n. 2, p. 143-150, 2002.

GOMES, S. C. **Análise econométrica da produtividade total dos fatores na amazônia legal, 1990-2004**. 2007. 234 f. Tese em Economia Aplicada (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Elsevier, 2006. 812 p.

HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, v. 46, p. 1251-1272, 1978.

HOMMA, A. K. O. Expansão agropecuária e desmatamento na Amazônia: Quais os caminhos. In: COELHO, A. B.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, M. J (Eds.). **Recursos naturais e crescimento econômico**. Viçosa, MG: Os editores, 2008, pp. 125-176.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 443 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 de jun. de 2011a.

\_\_\_\_\_ **Pesquisa Pecuária Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 21 de jun. de 2011b.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto PRODES: monitoramento da floresta amazônica brasileira**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em 16 ago. 2010.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [Núcleo da equipe de autores, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. Genebra, Suíça: IPCC, 2007. 104 p. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html)>. Acesso em: 16 ago. 2010.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Dados Macroeconômicos e Regionais**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?991206562>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

LIRA, S. R. B.; SILVA, M. L. M.; PINTO, R. S. Desigualdade e heterogeneidade no desenvolvimento da Amazônia no século XXI. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 153-184, 2009.

KAIMOWITZ, D.; MERTENS, B.; WUNDER, S.; PACHECO, P. Hamburger connection fuels Amazon destruction: cattle ranching and deforestation in Brazil's Amazon. **Technical report**. Center for International Forestry Research, 2004.

Disponível em: ([http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf\\_files/media/Amazon.pdf](http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/media/Amazon.pdf)). Acesso em: nov 2010.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; SOARES-FILHO, B.; MERRY, F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1498, p. 1737-1746, 2008.

OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, E. Desmatamento da Amazônia Legal e heterogeneidade espacial: uma abordagem local para a curva de Kuznets ambiental. In: **ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS**, 8, 2010, Juiz de Fora – MG. Anais... São Paulo – SP: Aber, 2010. Disponível em: <<http://www.estudosregionais.org.br/admin/upload/File/A147.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2010.

PIRARD, R.; COMBES, J. L.; COMBES MOTEL, P. A response to the commentary on “Compensated Successful Efforts”. **Ecological Economics**, v. 68, p. 2179-2181, 2009.

PRATES, R. C.; SERRA, M. O impacto dos gastos do governo federal no desmatamento no Estado do Pará. *Nova economia*, v. 19, n. 1, p. 95-116, 2009.

REPETTO, R. **The forest for the trees? Government policies and the misuse of forest resource**. Washington, DC: World Resources Institute, 1988. 105 p.

RIVEIRO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova economia*, v. 19, n.1, p. 41-66, 2009.

SACHS, R. C. C.; PINATTI, E. Análise do comportamento dos preços do boi gordo e do boi magro na pecuária de corte paulista, no período de 1995 a 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 4, n. 3, p. 329-352, 2007.

SANT’ANNA, A. A.; YOUNG, C. E. F. Direitos de propriedade, desmatamento e conflitos rurais na Amazônia. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 3, p. 381-393, 2010.

SATHLER, D.; MONTE-MOR, R. L.; CARVALHO, J. A. M. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 11-39, 2009.

SILVA, J. H. G. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: An Empirical Analysis of the 2000s. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**, 37, 2009, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Rio de Janeiro, RJ: Anpec, 2009. Disponível em: <[http://www.anpec.org.br/encontro\\_2009.htm](http://www.anpec.org.br/encontro_2009.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2010.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MACDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MACGRATH, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

SUDAM – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Legislação sobre a criação da Amazônia Legal**. Disponível em: <[http://www.e.gov.br/defaultCab.asp?idservinfo=35616&url=http://www.ada.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=9&id=54&Itemid=51](http://www.e.gov.br/defaultCab.asp?idservinfo=35616&url=http://www.ada.gov.br/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=9&id=54&Itemid=51)>. Acesso em: 20 ago. 2010.

- TACCONI, L. Compensated successful efforts for avoided deforestation vs compensated reductions. **Ecological Economics**, v. 68, p. 2469-2472, 2009.
- TOLEDO, Y. I. M.; SANTIAGO, M. M. D. Análise do comportamento de preços na pecuária bovina, Estado de São Paulo, 1970-83. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 21-28, 1984.
- WALKER, R.; MORAN, E.; ANSELIN, L. Deforestation and Cattle Ranching in the Brazilian Amazon: External Capital and Household Processes. **World Development**, v. 28, n. 4, p. 683-699, 2000.
- WALKER, R.; MOORE, N. J.; ARIMA, E.; PERZ, S.; SIMMONS, C.; CALDAS, M.; VERGARA, D.; BOHRER, CLAUDIO. Protecting the Amazon with protected areas. **PNAS**, v. 106, n.26, p. 10582-10586, 2009.
- WEINHOLD, D.; REIS, E. Transportation costs and the spatial distribution of land use in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 18, p. 54-68, 2008.
- WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)**. Disponível em: <<http://cait.wri.org/>>. Acesso em: 01 set. 2010.
- WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Global Forest Watch – Interactive Maps**. Disponível em: <<http://www.globalforestwatch.org/english/interactive.maps/index.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- WOOLDRIDGE, J. M. **Econometrics Analysis of Cross Section and Panel Data**. 1<sup>a</sup> ed. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2002. 719 p.
- ZILLI, J. B.; SILVA, A. F.; CAMPOS, S. K.; COSTA, J. S. Análise de cointegração e causalidade dos preços de boi gordo em diferentes praças nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 105-119, 2008.

## **ANEXO**

Tabela A.1 – Forma reduzida estimada para população no modelo estadual

<b>pop</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. t</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	-7,02	2,04	-3,44	0,00
<b>rflor</b>	8089196	1797538	4,50	0,00
<b>rflor2</b>	-5102467	1278690	-3,99	0,00
<b>psoja1</b>	-3646	1542	-2,37	0,02
<b>pboi1</b>	6537	2652	2,46	0,02
<b>ipp1</b>	2692	1045	2,58	0,01
<b>ppc</b>	10338	16020	0,65	0,52
<b>ppc2</b>	-2432	659	-3,69	0,00
<b>pib</b>	0,03	0,00	8,44	0,00
<b>ag</b>	0,37	0,55	0,68	0,50
<b>tr</b>	2,42	11,24	0,22	0,83
<b>dpop</b>	155984	40452	3,86	0,00
<b>lav</b>	0,00	0,01	-0,28	0,78
<b>constante</b>	-211496	1083201	-0,20	0,85
<b>R-quadrado</b>		<b>within</b>		0,9343
		<b>between</b>		0,0569
		<b>overall</b>		0,0528
<b>Estat. F(13,68)</b>			74,37	
<b>P-valor F</b>			0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A.2 – Forma reduzida estimada para crédito rural no modelo estadual

<b>cr</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. t</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	20,44	5,26	3,88	0,00
<b>rflor</b>	-3014615	4634417	-0,65	0,52
<b>rflor2</b>	5694218	3296722	1,73	0,09
<b>psoja1</b>	358,17	3974	0,09	0,93
<b>pboi1</b>	6175	6838	0,90	0,37
<b>ipp1</b>	814,86	2695	0,30	0,76
<b>ppc</b>	-97470	41303	-2,36	0,02
<b>ppc2</b>	5580	1699	3,28	0,00
<b>pib</b>	0,03	0,01	3,21	0,00
<b>ag</b>	-0,64	1,42	-0,45	0,65
<b>tr</b>	-138,32	28,99	-4,77	0,00
<b>dpop</b>	-64691	104292	-0,62	0,54
<b>lav</b>	0,14	0,03	4,74	0,00
<b>constante</b>	-9550616	2792712	-3,42	0,00
<b>R-quadrado</b>		<b>within</b>		0,7597
		<b>between</b>		0,0031
		<b>overall</b>		0,0035
<b>Estat. F(13,68)</b>			16,54	
<b>P-valor F</b>			0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A.3 – Teste de Hausman para as variáveis população e crédito rural no modelo estadual

<b>desmat</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. t</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	0,057	0,019	2,93	0,01
<b>rflor</b>	82565	21738	3,80	0,00
<b>rflor2</b>	-72511	15864	-4,57	0,00
<b>psoja1</b>	4,20	16,06	0,26	0,79
<b>pboi1</b>	-24,71	30,63	-0,81	0,42
<b>ipp1</b>	-15,68	12,62	-1,24	0,22
<b>ppc</b>	188,61	153,23	1,23	0,22
<b>ppc2</b>	-15,60	10,05	-1,55	0,13
<b>pib</b>	-0,0001	0,0001	-0,70	0,49
<b>pop</b>	0,0008	0,0022	0,36	0,72
<b>Ag</b>	0,0084	0,0047	1,79	0,08
<b>Tr</b>	0,0009	0,0027	0,34	0,73
<b>Cr</b>	0,0055	0,0007	7,86	0,00
<b>respop</b>	0,0044	0,0025	1,78	0,08
<b>rescr</b>	-0,0029	0,0008	-3,56	0,00
<b>constante</b>	-31087	7956	-3,91	0,00
<b>R-quadrado</b>				
				<b>within</b>
				0,7923
				<b>between</b>
				0,2554
				<b>overall</b>
				0,2284
<b>Estat. F(13,68)</b>			16,78	
<b>P-valor F</b>			0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A.4 – Forma reduzida estimada para população no modelo municipal

<b>pop</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. t</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	-0,2658	0,11526	-2,31	0,021
<b>rflor</b>	22098	5866	3,77	0,000
<b>rflor2</b>	-17025	5298	-3,21	0,001
<b>indbov</b>	151,71	72,61	2,09	0,037
<b>psoja1</b>	-4,07	29,40	-0,14	0,890
<b>pboi1</b>	-11,09	72,53	-0,15	0,878
<b>ipp1</b>	22,80	23,07	0,99	0,323
<b>pib</b>	0,0246	0,0004	68,22	0,000
<b>ppc</b>	-665,58	70,81	-9,4	0,000
<b>ppc2</b>	2,90	1,03	2,81	0,005
<b>ag</b>	-1,46	0,1727	-8,46	0,000
<b>tr</b>	-0,0499	0,0407	-1,23	0,221
<b>ga</b>	0,4457	0,2362	1,89	0,059
<b>lav</b>	0,0076	0,0075	1,01	0,311
<b>eb</b>	0,0131	0,0026	4,99	0,000
<b>dpop</b>	176,33	7,00	25,2	0,000
<b>area</b>	0,6025	0,1251	4,82	0,000
<b>constante</b>	-8637	16490	-0,52	0,600
	<b>within</b>		0,6694	
<b>R-quadrado</b>	<b>between</b>		0,9341	
	<b>overall</b>		0,9312	
	<b>Estat <math>\chi^2</math> (17)</b>		6994,97	
	<b>P-valor <math>\chi^2</math></b>		0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A.5 – Forma reduzida estimada para crédito rural no modelo municipal

<b>cr</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. z</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	-0,4761	0,1219	-3,91	0,000
<b>rflor</b>	-15976	3649	-4,38	0,000
<b>rflor2</b>	15825	4193	3,77	0,000
<b>indbov</b>	34,53	24,76	1,39	0,163
<b>psoja1</b>	230,29	51,54	4,47	0,000
<b>pboi1</b>	-333,99	126,60	-2,64	0,008
<b>ipp1</b>	-132,34	40,47	-3,27	0,001
<b>pib</b>	0,0006	0,0003	2,31	0,021
<b>ppc</b>	439,23	81,42	5,39	0,000
<b>ppc2</b>	-1,82	1,31	-1,39	0,165
<b>ag</b>	-0,9979	0,2812	-3,55	0,000
<b>tr</b>	0,1406	0,0639	2,20	0,028
<b>ga</b>	-0,0537	0,3814	-0,14	0,888
<b>lav</b>	0,2347	0,0064	36,44	0,000
<b>eb</b>	0,0276	0,0022	12,27	0,000
<b>dpop</b>	0,9248	5,6343	0,16	0,870
<b>area</b>	0,4207	0,1084	3,88	0,000
<b>constante</b>	71471	25676	2,78	0,005
	<b>within</b>		0,0196	
<b>R-quadrado</b>	<b>between</b>		0,8425	
	<b>overall</b>		0,7686	
	<b>Estat <math>\chi^2</math> (17)</b>		3305,41	
	<b>P-valor <math>\chi^2</math></b>		0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A.6 – Teste de Hausman para as variáveis população e crédito rural no modelo municipal

<b>desmat</b>	<b>Coef.</b>	<b>E. padrão</b>	<b>Estat. z</b>	<b>P-valor</b>
<b>flor</b>	0,0016	0,000	6,91	0,000
<b>rflor</b>	166,25	27,95	5,95	0,000
<b>rflor2</b>	-92,94	29,99	-3,10	0,002
<b>indbov</b>	0,7423	0,2026	3,66	0,000
<b>psoja1</b>	1,39	0,31	4,47	0,000
<b>pboi1</b>	-1,43	0,76	-1,88	0,060
<b>ipp1</b>	-0,9135	0,2423	-3,77	0,000
<b>pib</b>	0,0000	0,0000	-2,02	0,043
<b>ppc</b>	0,0002	0,0001	1,99	0,047
<b>ppc2</b>	2,0849	0,6028	3,46	0,001
<b>pop</b>	-0,0214	0,0089	-2,41	0,016
<b>cr</b>	0,0002	0,0002	1,27	0,205
<b>ag</b>	-0,0029	0,0018	-1,66	0,097
<b>tr</b>	0,0007	0,0004	1,65	0,099
<b>ga</b>	0,0014	0,0024	0,61	0,542
<b>respop</b>	-0,0004	0,0003	-1,51	0,130
<b>rescr</b>	0,0000	0,0002	0,12	0,906
<b>constante</b>	358,86	154,19	2,33	0,020
	<b>within</b>		0,1014	
<b>R-quadrado</b>	<b>between</b>		0,2215	
	<b>overall</b>		0,1982	
	<b>Estat <math>\chi^2</math> (17)</b>		528,02	
	<b>P-valor <math>\chi^2</math></b>		0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa.