

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desflorestamento e desenvolvimento socioeconômico dos municípios  
brasileiros: considerações sobre a sustentabilidade do crescimento  
econômico e social**

**Anderson Ribeiro Santiago**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:  
Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba  
2019**

**Anderson Ribeiro Santiago**  
**Engenheiro Florestal**

**Desflorestamento e desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros:  
considerações sobre a sustentabilidade do crescimento econômico e social**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **HILTON THADEU ZARATE DO COUTO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:  
Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba**  
**2019**



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Santiago, Anderson Ribeiro

Desflorestamento e desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros: considerações sobre a sustentabilidade do crescimento econômico e social / Anderson Ribeiro Santiago. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

101 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Florestas brasileiras 2. Representatividade amostral 3. Efetividade de políticas públicas I. Título

À Luciana e à Alice  
DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Biólogo Celso José Monteiro Filho, da Coordenação de Recursos Naturais (CREN) do IBGE, principal responsável pela minha liberação para cursar o doutorado em Recursos Florestais, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP);

Ao Engenheiro Agrônomo Celso Gutemberg Souza, da CREN/IBGE, que com muita eficiência soube remover as pedras do caminho burocrático das renovações da minha licença para o doutorado;

À Professora Luciana Duque Silva por ter me apresentado à ESALQ/USP e aos professores do Departamento de Ciências Florestais (DCF);

Ao orientador Hilton Thadeu Zarate do Couto que, na perspectiva da resolução de problemas, soube me conduzir na difícil jornada para o conhecimento sobre modelagem e amostragem de dados socioeconômicos e ambientais;

Aos professores das disciplinas que cursei na ESALQ, na USP de São Paulo, na UNESP de Rio Claro e na UNICAMP. Em especial aos professores que: a) compuseram a minha banca de qualificação, Antônio Ribeiro de Almeida Júnior, Demóstenes Ferreira da Silva Filho e João Luís Ferreira Batista; e b) influenciaram, de forma bem positiva, a minha forma de pensar, Angela Antonia Kageyama (UNICAMP), Katrina Mullan (*University of Montana*) e Rodolfo Hoffmann (ESALQ/USP);

Ao professor Sergius Gandolfi e ao pós-doutorando Silvio Marchini que, durante um seminário do Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, me mostraram o que realmente deve ser levado em conta em uma proposta de pesquisa;

Ao Doutor Jefferson Lordello Polizel, responsável técnico pelo Centro de Métodos Quantitativos (CMQ/DCF), que sempre esteve disposto a ajudar em assuntos de informática e de SIG, além das divertidas conversas durante os cafés;

Aos amigos Michel (michelão) e Izaias (jhow) e aos camaradas dessa caminhada, Marcos (tucano), Daniel (danipapagógó), Analder (neto), Tito (titopédia), Renata, Maísa, Vanessa, Alex (contador de birds) e Gabriel (latão ou ref);

À minha abençoada grande família, meus pais Walter e Mary Lucy, minhas irmãs Meiva e Mariana, minhas sobrinhas Natália e Valentina e meu cunhado Rodrigo;

Ao meu núcleo familiar, minha esposa Luciana e minha filha Alice.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. DESFLORESTAMENTO E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO NO<br/>BRASIL: CONSIDERAÇÕES PARA ALIAR O DESENVOLVIMENTO À<br/>CONSERVAÇÃO FLORESTAL .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>11</b> |
| 2.1. Introdução .....  | 12        |
| 2.2. Material e Métodos .....  | 16        |
| 2.2.1. Área de estudo .....  | 16        |
| 2.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem .....  | 17        |
| 2.2.3. Análise das variáveis .....   | 20        |
| 2.2.3.1. Pré-análise .....   | 20        |
| 2.2.3.2. Análise de correlação .....   | 21        |
| 2.2.3.3. Análise de regressão .....  | 22        |
| 2.3. Resultados e discussão .....  | 25        |
| 2.4. Conclusões .....  | 33        |
| Referências .....  | 35        |
| <b>3. PLANO AMOSTRAL PARA INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO<br/>SOCIOECONÔMICO NO BRASIL: IMPLICAÇÕES PRÁTICAS AO<br/>CONSIDERAR PRECISÃO E CUSTO .....</b> | <b>45</b> |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>45</b> |
| 3.1. Introdução .....  | 46        |
| 3.2. Material e Métodos .....  | 49        |
| 3.2.1. Área de estudo .....  | 49        |
| 3.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem .....  | 50        |
| 3.2.3. Análise das variáveis .....   | 52        |
| 3.2.3.1. Amostragem probabilística .....   | 52        |
| 3.2.3.2. Custo da amostragem .....   | 53        |
| 3.2.3.3. Simulação .....   | 54        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.3. Resultados e discussão .....  | 55         |
| 3.4. Conclusões .....  | 66         |
| Referências .....  | 67         |
| <b>4. DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO ALIADO À CONSERVAÇÃO<br/>FLORESTAL: UM EXEMPLO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA .....</b> | <b>75</b>  |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>75</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>75</b>  |
| 4.1. Introdução .....  | 76         |
| 4.2. Material e Métodos .....  | 80         |
| 4.2.1. Área de estudo .....  | 80         |
| 4.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem .....  | 81         |
| 4.2.3. Análise das variáveis .....   | 83         |
| 4.2.3.1. Pareamento .....  | 83         |
| 4.2.3.2. Análise de impacto .....  | 84         |
| 4.3. Resultados e discussão .....  | 85         |
| 4.4. Conclusões .....  | 93         |
| Referências .....  | 94         |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>101</b> |

## RESUMO

### **Desflorestamento e desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros: considerações sobre a sustentabilidade do crescimento econômico e social**

As florestas brasileiras abrigam boa parte da diversidade florística e faunística mundiais e têm papel fundamental na atenuação das mudanças climáticas globais. Apesar disso, estes ecossistemas vêm sendo progressivamente convertidos em algum uso antrópico cujo objetivo, em tese, é promover o desenvolvimento socioeconômico local. Diante disso, avaliou-se, nos anos 2000 e 2010, a efetividade da mudança no uso da terra como promotora do desenvolvimento brasileiro em nível municipal e regional. Primeiro, quantificou-se a influência dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico sobre o desflorestamento, com o uso de modelos estatísticos de regressão linear múltipla. Para tanto, utilizaram-se 3.168 observações obtidas em municípios de todas as regiões geográficas brasileiras. Segundo, caracterizou-se esta influência recorrendo à determinação de amostras representativas, mediante análise de técnicas de amostragem aleatória simples e estratificada aleatória, utilizando diferentes intensidades amostrais. Terceiro, mensurou-se o impacto do programa amazense Bolsa Floresta na redução do desflorestamento e na melhoria dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico, aplicando o Emparelhamento por Escore de Propensão e a Diferença nas Diferenças em 579 observações. Os resultados indicaram que o desenvolvimento socioeconômico brasileiro foi efêmero, aumentou a desigualdade de renda e foi fruto do desflorestamento, que pode ser minimizado pela maior eficiência agropecuária. A caracterização da relação entre desflorestamento e desenvolvimento foi estabelecida com 10% dos municípios, selecionados preferencialmente pela amostragem estratificada aleatória. O Bolsa Floresta pode ter ajudado a diminuir o desflorestamento e a melhorar, em poucos anos, os índices educacionais dos municípios participantes do programa. Assim, considerando este modelo de desenvolvimento, de uso intensivo dos recursos naturais com baixo nível tecnológico, necessita-se fortalecer/ampliar as ações governamentais voltadas principalmente à população amazônica e à pesquisa/extensão agropecuária para desenvolver o país sem a perda expressiva das suas florestas nativas.

Palavras-chave: Florestas brasileiras; Representatividade amostral; Efetividade de políticas públicas

## ABSTRACT

### **Deforestation and socioeconomic development of Brazilian municipalities: considerations on the sustainability of economic and social growth**

The Brazilian forests have much of the world's floristic and faunal diversity and play a key role in mitigating global climate change. However, these ecosystems have been converted progressively into some anthropic use whose objective, in theory, is to promote local socioeconomic development. Thus, we evaluated, in 2000 and 2010, the effectiveness of land use change in Brazilian development at the municipal and regional levels. First, we quantified the influence of socioeconomic development indicators on deforestation by use of statistical models of multiple linear regression. To do this, we used 3,168 observations obtained in municipalities of all Brazilian geographic regions. Second, we characterize this influence by determining representative samples, via random and stratified sampling and different sample intensities. Third, we measured the impact of Amazonian Program, Bolsa Floresta, in reducing deforestation and improving socioeconomic development indicators, applying the Propensity Score Matching and the Difference in Differences in 579 observations. The results indicated that Brazilian socioeconomic development was ephemeral, increased income inequality and was the consequence of deforestation, which can be minimized by greater agricultural and livestock efficiency. The characterization of the relationship between deforestation and development was done by 10% of the municipalities, preferably selected by stratified sampling. The Bolsa Floresta may have helped to reduce deforestation and to improve, in a few years, the educational indexes of the municipalities attendant by the program. Thus, considering this model of development, intensive use of natural resources and low technological level, it is necessary to strengthen/expand government actions aimed, mainly, at the Amazon population and for agricultural research/extension, which would help to develop the country without the significant loss of their native forests.

**Keywords:** Brazilian forests; Sample representation; Effectiveness of public policies

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Este estudo foi dividido em três capítulos em função das especificidades de cada um destes. O primeiro se refere à avaliação da relação entre o desflorestamento municipal brasileiro e o seu correspondente desenvolvimento socioeconômico, durante os anos 2000 e 2010, com vistas a propor um desenvolvimento aliado à conservação florestal. A partir desta avaliação, e detectando que alguns indicadores de desenvolvimento ajudaram a explicar o desflorestamento nos anos 2000, surgiu o segundo capítulo, objetivando determinar a amostra municipal mais representativa no sentido de caracterizar a relação detectada no primeiro capítulo. Para isso, além da representatividade, critérios como precisão amostral e custo foram considerados. Verificou-se também no primeiro capítulo duas situações postas em relação ao binômio “desflorestamento x desenvolvimento”. Neste caso, houve um grupo de municípios que se desenvolveu em função da perda dos seus recursos florestais e outro grupo, composto por municípios com grandes reservas de florestas nativas, mas que, de maneira geral, ainda não experimentaram um relativo desenvolvimento socioeconômico. A partir da análise das duas situações, em que o desenvolvimento está atrelado ao desflorestamento, surgiu o terceiro capítulo da pesquisa cujo objetivo foi propor, aos municípios pouco desenvolvidos e com grandes remanescentes florestais, uma alternativa ao desenvolvimento em curso no Brasil.

As principais questões abordadas no primeiro capítulo, apresentado de forma analítica, foram: o desenvolvimento social e econômico da população brasileira tem ocorrido sem a perda expressiva dos recursos florestais nativos? O desenvolvimento em curso ocorre de forma independente a alteração da cobertura florestal? Em relação ao segundo capítulo, igualmente apresentado de forma analítica, as outras questões que surgiram foram: havendo relação entre o desflorestamento e o desenvolvimento socioeconômico municipal brasileiro, como caracterizá-la ao menor custo e maior precisão? Qual é o método mais adequado de amostragem probabilística neste caso? Já no terceiro capítulo, apresentado tanto de forma analítica quanto propositiva, as questões mais relevantes foram: é possível haver um desenvolvimento socioeconômico juntamente à conservação florestal? Como implementar o desenvolvimento socioeconômico sem a perda expressiva da maior floresta tropical do mundo? Esta pesquisa teve caráter essencialmente exploratório e, algumas vezes, preliminar, em função das limitações inerentes aos dados que a subsidiaram. Em função disso, ao longo da pesquisa, nem sempre foi possível responder integralmente a cada um dos questionamentos levantados, ao contrário, outras questões surgiram. Apesar disso, houve um indicativo ou um direcionamento de resposta para cada uma das questões inicialmente elaboradas. E, finalmente, os resultados alcançados mostram a importância de estudos dessa natureza.



## **2. DESFLORESTAMENTO E DESENVOLVIMENTO SOCIOECNÔMICO NO BRASIL: CONSIDERAÇÕES PARA ALIAR O DESENVOLVIMENTO À CONSERVAÇÃO FLORESTAL**

### **RESUMO**

As florestas brasileiras respondem por boa parte da diversidade faunística e florística mundial. Apesar disso, estes importantes ecossistemas vêm sendo progressivamente substituídos por usos antrópicos, oriundos das ações para o desenvolvimento socioeconômico, que nem sempre resultam na melhoria da qualidade de vida dos brasileiros. Por isso, neste trabalho, objetivou-se avaliar a relação entre o desflorestamento municipal do Brasil e o seu desenvolvimento socioeconômico, ocorridos entre 2000 e 2010, com vistas a propor um desenvolvimento aliado à conservação florestal. Para isso, foi ajustado um modelo linear múltiplo, sob efeito fixo, aos dados que compunham um painel balanceado com 3.168 observações. Os resultados indicaram que o desenvolvimento socioeconômico do Brasil ainda foi pautado pelo uso intensivo dos recursos florestais. Além disso, o desenvolvimento ocorrido provocou dois sérios problemas: o primeiro foi a melhoria efêmera nos indicadores de desenvolvimento, e o segundo foi o favorecimento da concentração da renda. Entretanto, os indicadores que denotaram uma maior eficiência na agropecuária brasileira apresentaram efeito positivo sobre as florestas nativas. Isto demonstra que um maior investimento em pesquisa agropecuária é um importante fator de desenvolvimento socioeconômico ao mesmo tempo em que auxilia na conservação dos recursos florestais do país. Assim, o fortalecimento das instituições públicas e/ou privadas, de pesquisa e extensão em agricultura e pecuária, pode ser uma das possíveis soluções para um desenvolvimento socioeconômico mais sustentável.

Palavras-chave: Perda florestal; Curva de Kuznets Ambiental; Dados em painel; Eficiência agropecuária

### **ABSTRACT**

The Brazilian forests have much of the world's faunal and floristic diversity. Nevertheless, these ecosystems have been replaced by anthropic uses, from actions for socioeconomic development, that not necessarily has been improved the Brazilians life quality. Therefore, here, we evaluated, in 2000 and 2010, the relationship between the Brazilian municipal deforestation and the socioeconomic development to propose a development with forest conservation. To do this, a multiple linear model, by fixed effect, was adjusted to the data from a balanced panel with 3,168 observations. The results indicated that the socioeconomic development of Brazil still is based on the intensive use of forest resources. Also, the development caused two serious problems: first, the improvement in development indicators was ephemeral, and, second, favored of income concentration. However, the indicators showed that greater efficiency in the Brazilian agriculture has a positive effect on the native forests. That shows that more investment in agricultural research may to promote socioeconomic development and conservation of the country's forest resources. Thus, the strengthening of public and private institutions, by research and extension in agriculture and livestock, can be one of the possible solutions for a more sustainable socioeconomic development.

Keywords: Forest loss; Environmental Kuznets Curve; Panel data; Agricultural efficiency

## 2.1. Introdução

As florestas produzem diversos serviços ambientais, tais como: o sequestro de carbono, que pode atenuar as mudanças do clima, a proteção dos mananciais, para o abastecimento de água, a conservação da biodiversidade, dentre outros (SCHMITT et al., 2009). Todos estes serviços, por si só, já justificam a importância de haver estudos sobre as florestas. Entretanto, ao considerar o fator humano como agente modificador dos recursos florestais, as questões a serem pensadas são: o desenvolvimento social e econômico da população tem ocorrido sem a perda expressiva dos recursos florestais nativos? Ou, o desenvolvimento em curso ocorre de forma independente da alteração da cobertura florestal?

Historicamente, o desenvolvimento econômico de diversos países têm sido baseado no uso intensivo dos recursos naturais e na conversão da vegetação nativa em diferentes formas de uso do solo, tais como a mineração, os cultivos agrícolas e a expansão das cidades (ALIG et al., 2004; ZWANE, 2007; D'ANNUNZIO et al., 2015; OLOFSSON et al., 2016). Estudos recentes, sobre os padrões globais de desflorestamento, mostram que a intensidade da perda florestal é influenciada, por exemplo, pelo Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* dos países (EWERS, 2006; BASU & NAYAK, 2011; KHAN et al., 2016), que é a soma de todos os bens e serviços produzidos, em um dado período de tempo, dividido pelo número de moradores (IBGE, 2015b). Nestes estudos, com duração entre 10 e 13 anos, os autores constataram que, de maneira geral, as nações com elevado PIB *per capita* apresentaram uma relação inversa à perda da cobertura florestal. Ao contrário, em países pobres, em que o PIB *per capita* foi de até U\$ 1.045, (WORLD BANK, 2016), esta relação foi positiva. Corroborando estas informações, ZHANG et al. (2017), verificaram que na China, entre os anos de 1952 e 2010, o consumo florestal aumentou significativamente com o aumento do PIB. Como exemplo desta constatação, duas importantes cidades chinesas, Ningbo (LIU et al., 2016) e Shenzhen (GONG et al., 2013), que apresentaram nas últimas décadas um rápido crescimento econômico, também exibiram forte relação entre a perda florestal e o aumento do PIB.

Em outro estudo de longa duração, TSUJINO et al. (2016), constataram que na Indonésia, país com renda intermediária (WORLD BANK, 2016), entre os anos de 1950 e 2015, o aumento do PIB *per capita* foi acompanhado, mesmo que timidamente, pela perda da cobertura florestal. No outro extremo, países como Estados Unidos, Canadá e Suécia, apresentaram nos últimos 15 anos, uma menor perda da cobertura florestal nativa e um maior investimento no reflorestamento (SLOAN & SAYER, 2015). Assim, nestes países, a relação entre a PIB *per capita* e a perda florestal foi negativa, conforme descrito por EWERS (2006).

Além do PIB e do PIB *per capita*, no rol dos indicadores socioeconômicos relacionados com a mudança na cobertura florestal, está o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que mede o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população (PNUD, 2013). Este, conforme REDO et al. (2012), se correlacionou positivamente com o aumento da cobertura florestal, mais notadamente nas áreas de florestas úmidas e nos países mais desenvolvidos da região, como o Panamá e a Costa Rica. Neste trabalho, aplicado em sete países da América Central, entre os anos de 2001 e 2010, o IDH foi considerado o melhor preditor das mudanças na cobertura florestal. Ademais, conforme o IDH aumenta, os países tendem a investir mais no reflorestamento com espécies nativas. Este padrão, já havia sido observado por JHA & BAWA (2006), ao estudar a relação entre as características socioeconômicas e o desflorestamento em 30 países, durante a década de 1990, quando constataram que à medida que as nações aumentavam o seu IDH havia uma progressiva redução nas taxas de desflorestamento. Além do IDH, há muitos outros indicadores relacionados à mudança na cobertura florestal de uma região específica. Dentre eles, podemos citar o índice de Gini (GODOY et al., 2005), a urbanização, representada pelo número de habitantes (ALIG et al., 2004) ou pela densidade demográfica (PARCERISAS et al., 2012), bem como os indicadores de caracterização do território como o rebanho bovino, as áreas de pastagem e de cultivos agrícolas (OLOFSSON et al., 2016). As citadas relações, ao que tudo indica, ocorrem de forma diferenciada em função do grau de desenvolvimento da região em estudo.

Como visto, nos países pobres (PIB *per capita* menor do que U\$ 1.045) ou em desenvolvimento (PIB *per capita* entre U\$ 1.046 e U\$ 12.735), a relação entre as características socioeconômicas e a sua cobertura florestal parece indicar um problema ambiental e, sendo assim, torna-se relevante entender esta relação com vistas a propor uma possível adequação ao modelo de desenvolvimento adotado. Sob este aspecto, o indicativo de que o desenvolvimento socioeconômico faz com que haja a progressiva degradação ambiental, representada neste estudo pela perda da cobertura de floresta nativa, parece corroborar a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Esta degradação ambiental ocorre até um ponto máximo em que o contínuo desenvolvimento socioeconômico a faz diminuir (WANG et al., 2016; APERGIS et al., 2017). A CKA é uma alusão ao artigo de Simon Kuznets (KUZNETS, 1955), que relacionou a desigualdade entre a distribuição e o nível de desenvolvimento. No caso da CKA, a relação analisada é entre a degradação ambiental e o nível de renda *per capita* (Figura 1). A ideia é que o crescimento econômico resulta em maior pressão aos recursos naturais, em um momento em que este crescimento é a prioridade. Posteriormente, em um dado desenvolvimento econômico, a prioridade passa a ser a redução da degradação ambiental. Essa transição, pode ser

representada, graficamente, por uma parábola com a concavidade voltada para baixo, em forma de sino (Figura 1).

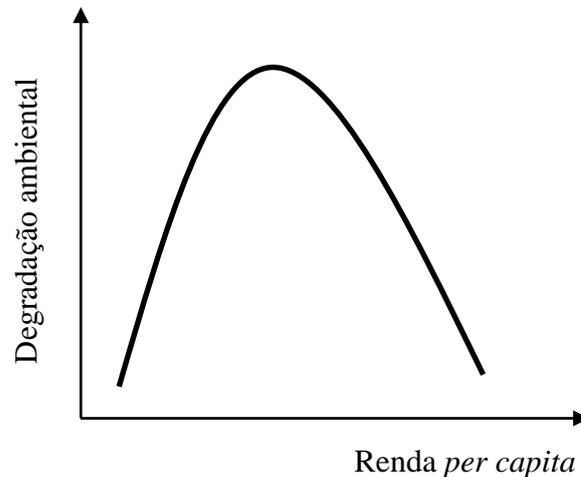


Figura 1: Curva de Kuznets Ambiental (Adaptado de LUZZATI, 2015)

O caso brasileiro, com grandes diferenças socioeconômicas regionais, comparáveis às diferenças entre países, parece ser um bom exemplo a ser estudado. RODRIGUES et al. (2009), ao analisar o IDH de 286 municípios da Amazônia brasileira, entre os anos de 1997 e 2000, detectaram um aumento repentino neste índice, no início do desmatamento, seguido de um decréscimo no IDH conforme a perda florestal foi aumentando. Assim, como em muitos outros países, o desenvolvimento do Brasil tem sido baseado no uso intensivo dos recursos naturais. Desta forma, a velocidade constatada na melhoria dos indicadores sociais e econômicos é similar aos aumentos crescentes do desmatamento ocorrido nos diferentes tipos vegetacionais brasileiros. Como exemplo desta afirmativa, segundo o Ministério de Meio Ambiente - MMA (2011), até a última década, cerca de 30% da vegetação nativa do país já havia sido convertida em algum uso antrópico.

Para alguns pesquisadores este dado é uma subestimativa irreal da situação atual dos recursos vegetacionais do país (RIBEIRO et al., 2009; BEUCHLE et al., 2015; MARTINI et al., 2015), ainda assim trata-se de uma perda considerável. Para alguns destes autores, existem informações mais realistas, oriundas de dois sistemas de monitoramento da cobertura florestal, o PRODES e o SOS Mata Atlântica. O PRODES, Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, que mapeia anualmente as áreas florestais da Amazônia, registrou entre 1988 e 2016 um desflorestamento aproximado de 19,5% de toda a sua cobertura florestal (INPE, 2018). Outro dado que merece destaque é o percentual de áreas naturais

remanescentes na Mata Atlântica. Segundo dados do SOS Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2017), atualmente existem apenas 12,4% da vegetação original neste bioma, que é monitorado por esta fundação há décadas. Independente da fonte ou do sistema de monitoramento, onde se obtém as estimativas da situação atual da vegetação nativa brasileira, o fato é o ritmo acelerado de perda de áreas de vegetação natural (MMA, 2011). O motivo para essa rápida conversão parece ter sido o desenvolvimento do país (OLIVEIRA et al., 2011), mas a questão central é saber quais são e em que magnitude estes indicadores de desenvolvimento impactam no desflorestamento do Brasil.

O grande desafio é entender a relação entre o desenvolvimento econômico e social do país e o estado de conservação dos seus recursos naturais, com vistas a propor a adequação deste desenvolvimento. Na busca do entendimento “desenvolvimento x conservação”, há algumas iniciativas pontuais, para a Amazônia Legal brasileira, em nível estadual (GOMES & BRAGA, 2008) e municipal (OLIVEIRA et al., 2011). Nestes trabalhos, de maneira geral, foi constatado que o desenvolvimento em curso está intimamente atrelado à perda da cobertura florestal nativa. Apesar da importância destes estudos para uma região do Brasil tão relevante, como a Amazônia Legal, existe ainda a carência de uma análise destes dados para todo o território nacional. Além disso, há uma lacuna de conhecimento acerca destas relações para os municípios mais desenvolvidos e para os menos desenvolvidos, para os que desflorestam mais e para os que desflorestam menos. Neste contexto, ao buscar o entendimento do binômio “desenvolvimento x conservação”, o objetivo principal, neste estudo, é avaliar a relação entre o desflorestamento brasileiro e o seu desenvolvimento socioeconômico, ocorridos entre 2000 e 2010, com vistas a propor um desenvolvimento aliado à conservação florestal.

Como objetivos específicos pode-se listar:

Avaliar o uso de indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território, tais como: renda média mensal, IDH, índice de Gini, população, densidade demográfica, taxa de urbanização, rebanho bovino e áreas agrícolas (lavouras temporária e permanente e pastagem), como variáveis explicativas da mudança na cobertura florestal nativa dos municípios brasileiros;

Identificar a magnitude causal dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico (renda média mensal, IDH, índice de Gini, população, densidade demográfica, taxa de urbanização) e de caracterização do território (rebanho bovino, áreas de lavouras temporária e permanente e de pastagem) na cobertura florestal nativa municipal do Brasil;

Gerar informações a partir dos dados oficiais do Brasil, relacionando as estatísticas nacionais com o mapeamento temático da vegetação florestal nativa;

Verificar se as relações entre estes indicadores podem ser diferenciadas por grupo de municípios que desflorestou mais ou menos, entre 2000 e 2010, e se os mesmos se comportam de maneira distinta em função destes grupos.

Assim, as seguintes hipóteses foram formuladas para guiar o estudo:

A melhoria da qualidade de vida dos brasileiros, entre os anos 2000 e 2010, ocorreu de maneira distinta, em função da localização geográfica do município, bem como do seu nível de desenvolvimento, e foi baseada, em parte, no uso intensivo dos recursos florestais nativos;

A partir dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização municipal, medidos entre 2000 e 2010, é possível explicar as mudanças na cobertura das florestas nativas do Brasil.

Em relação às justificativas para propor este estudo, alguns itens podem ser citados:

O estudo da relação entre as mudanças na cobertura das florestas nativas do Brasil e os indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território poderá ser útil para entender os impactos do crescimento econômico e social sobre os recursos florestais;

As informações, geradas pela relação entre as estatísticas oficiais e o mapeamento temático da vegetação florestal, poderão ajudar a entender se o crescimento econômico e social do Brasil é sustentável;

O entendimento do impacto do crescimento econômico e social sobre os recursos florestais brasileiros, visando a sustentabilidade deste crescimento, pode ajudar a identificar um nível mínimo de desflorestamento que propicie, por exemplo, o desenvolvimento dos municípios ainda não desflorestados.

## **2.2. Material e Métodos**

### **2.2.1. Área de estudo**

A área de estudo (Figura 2) corresponde a 61% do território brasileiro, cobrindo 1.584 municípios, e abrange uma área aproximada de 5.206.454 km<sup>2</sup>.

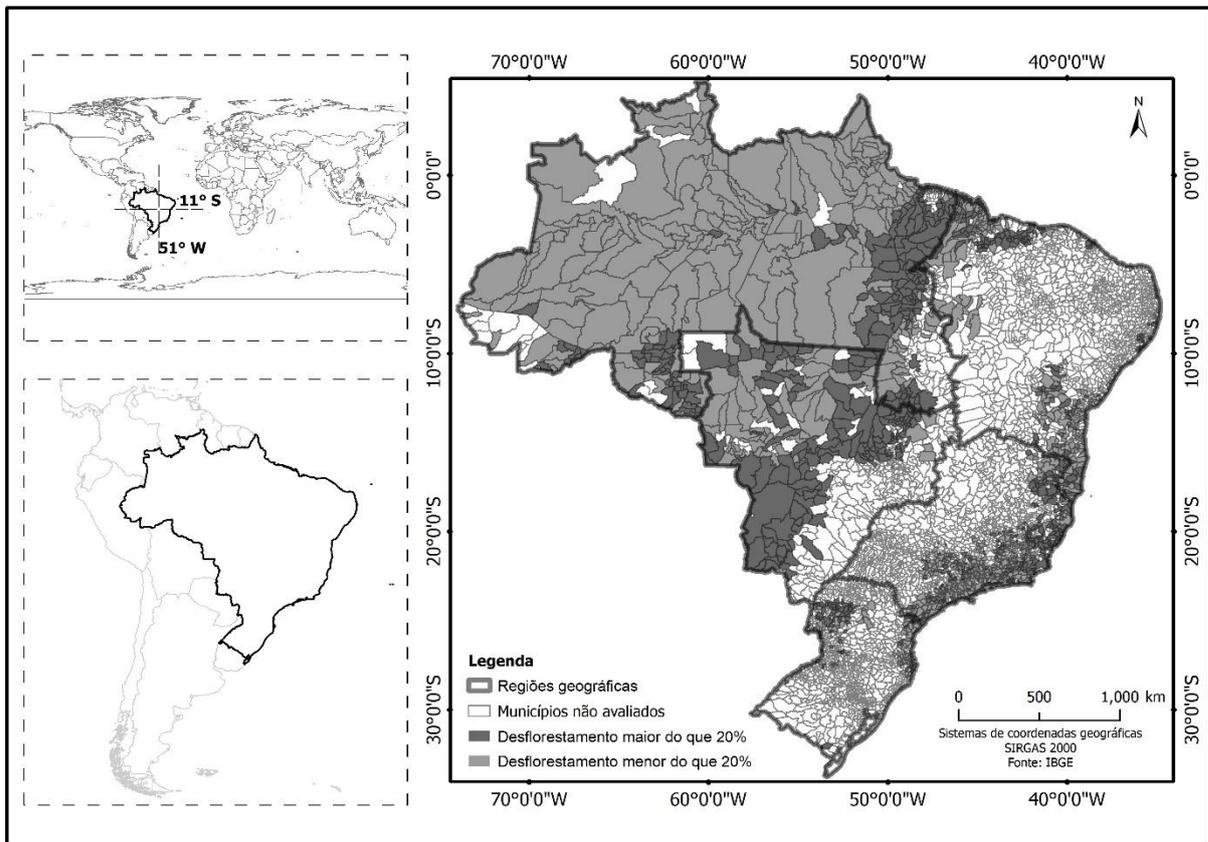


Figura 2: Limites municipais do Brasil considerados na avaliação da relação entre o desflorestamento brasileiro e o seu desenvolvimento socioeconômico, segundo os municípios que desflorestaram mais de 20% (cinza escuro) e menos do que este valor (cinza claro).

### 2.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem

Como material básico de apoio e referência foram utilizadas as seguintes variáveis, por município: a) Produto Interno Bruto (PIB); b) PIB da Agropecuária; c) PIB da Indústria; d) PIB de Serviços; e) Renda média mensal da população economicamente ativa; f) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); g) Índice de Gini; h) População; i) Rebanho bovino; j) Lavoura temporária; k) Lavoura permanente; l) Pastagem plantada; m) Floresta nativa; n) Área municipal. Além destas, foram elaboradas variáveis compostas, advindas dos dados primários. São elas: o) PIB *per capita*; p) Densidade demográfica; q) Taxa de urbanização; r) Taxa de lotação animal e s) Cobertura de floresta nativa.

A seguir, será descrita, de forma detalhada, cada variável utilizada neste estudo.

a) Produto Interno Bruto (PIB) é o total dos bens e serviços produzidos, no caso, por município, durante os anos de 2000 e de 2010. Nestes, com vistas a eliminar o efeito da inflação, utilizou-se o PIB a preços constantes, tendo como referência o ano 2000 (IPEA, 2017). Esta variável foi composta, neste estudo, de três atividades principais, a saber: b) PIB da atividade agropecuária; c) PIB da atividade industrial e d) PIB da atividade de serviços;

e) Renda média mensal da população economicamente ativa é o rendimento médio mensal, em reais, das pessoas de 10 anos ou mais de idade, residentes em domicílios particulares permanentes na semana de referência especificada no censo demográfico (IBGE, 2017).

f) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), que varia de 0 a 1, é a média geométrica de seus três componentes: IDHM Longevidade, IDHM Educação e IDHM Renda.

O IDHM Longevidade é obtido pela expectativa de vida ao nascer, calculada a partir dos dados censitários. Esse índice mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida, em determinado município, viveria a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade (PNUD, 2013). O seu valor é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{IDHMLongevidade} = \frac{(\text{valor observado} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

em que: valor máximo = 85 anos e valor mínimo = 25 anos.

O IDHM Educação é obtido a partir de dois indicadores: a escolaridade da população adulta (18 anos ou mais), com ensino fundamental completo, e o fluxo escolar da população jovem. Estes indicadores têm pesos 1 e 2, respectivamente.

O primeiro indicador é obtido diretamente dos dados censitários. Já o segundo, o fluxo escolar da população jovem, é calculado pela média aritmética do percentual de: crianças, de 5 a 6 anos, frequentando a escola; jovens, de 11 a 13 anos, frequentando os anos finais do ensino fundamental; jovens, de 15 a 17 anos, com ensino fundamental completo e; jovens, de 18 a 20 anos, com ensino médio completo.

Considerando-se que as taxas de frequência e de conclusão variam entre 0% e 100% e que os valores mínimo e máximo escolhidos são também 0% e 100%, para “convertê-las” em um índice variando de 0 a 1, divide-se a taxa por 100. Posteriormente, para a obtenção do IDHM Educação calcula-se a média geométrica desses dois índices, com peso 1 para o índice de escolaridade e peso 2 para o índice de fluxo (PNUD, 2013).

O IDHM Renda é obtido pela renda média dos residentes do município. É a soma da renda de todos os residentes, dividida pelo número de pessoas que moram no município, incluindo as crianças e as pessoas sem registro de renda (PNUD, 2013). Para o cálculo do IDHM Renda, aplica-se a fórmula:

$$\text{IDHM Renda} = \frac{\ln(\text{renda per capita municipal}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})}{\ln(\text{valor máximo de referência}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})}$$

em que: ln = logaritmo neperiano; renda *per capita* municipal = renda média dos residentes de um dado município; valor mínimo de referência = R\$ 8,00 (limite adotado para o cálculo do IDH global); valor máximo de referência = R\$ 4.033,00 (valor da menor renda *per capita*, entre os 10% mais ricos, residentes na Unidade Federativa com a maior renda média do país, no período analisado).

g) Índice de Gini é uma medida de desigualdade de uma distribuição estatística qualquer. Neste estudo, o índice de Gini se refere à desigualdade da renda domiciliar *per capita*, dos municípios brasileiros, nos anos 2000 e 2010. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto maior o número, maior a desigualdade (DATASUS, 2017).

h) População é o número total de moradores residentes no município e que tem o domicílio como local habitual de residência e nele se encontrava na data de referência ou, embora ausente nesta data, tem o domicílio como residência habitual, incluindo tanto a população rural como a urbana (IBGE, 2017).

i) Rebanho bovino é número de cabeças de gado bovino existente nos estabelecimentos agropecuários em 31/12, no ano de referência, no caso, 2000 e 2010 (IBGE, 2016).

j) Lavoura temporária são as áreas, em hectares, plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração, geralmente inferior a um ano, e que só produzem uma vez, pois na colheita destrói-se a planta. Não foram consideradas as áreas plantadas com forrageiras para corte, utilizadas na alimentação dos animais (IBGE, 2016).

k) Lavoura permanente são as áreas, em hectares, plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de longa duração, tais como: café, laranja, cacau, banana, uva, etc., que após a colheita, não necessitasse de novo plantio, produzindo por vários anos consecutivos. Não foram incluídas nesta classe a cana-de-açúcar, a mandioca, o abacaxi e a mamona, as quais, apesar de serem de longa duração, foram consideradas lavouras temporárias (IBGE, 2016).

l) Pastagem plantada são as áreas, em quilômetros quadrados, ocupadas por vegetação herbácea cultivada. São locais destinados ao pastoreio, formados mediante plantio de forragens perenes, sujeitos a interferências antrópicas de alta intensidade, como limpeza da terra, tais como; destocamento e despedramento (IBGE, 2015a).

m) Floresta nativa são as áreas, em quilômetros quadrados, ocupadas por formações arbóreas, com porte superior a 5 metros de altura, incluindo-se as áreas de Floresta Ombrófila Densa, de Floresta Ombrófila Aberta, de Floresta Estacional, de Floresta Ombrófila Mista e

inclui outras feições a Savana florestada, a Campinarana florestada e a arborizada, além dos Manguezais (IBGE, 2015a).

n) Área municipal é a área, em quilômetros quadrados, de cada um dos municípios brasileiros em 2010 (IBGE, 2017).

o) PIB *per capita* é a razão entre o Produto Interno Bruto e o número total de moradores residentes no município (IPEA, 2017).

p) Densidade demográfica é a razão entre o número de habitantes e a área do município, expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

q) Taxa de urbanização é a razão entre a população da área urbana e a população total do município (IBGE, 2017).

r) Taxa de lotação animal é a razão entre o número de cabeças de gado bovino e a área de pastagem plantada, expressa em animais por quilômetro quadrado. Esta variável, diferente da normalmente preconizada (AGUIAR et al., 2006), não considera as áreas de pastagem natural e assim pode ter valores superestimados em relação à média nacional brasileira (DIAS-FILHO, 2014). Entretanto, ainda assim é considerada uma variável importante neste estudo, pois significa, em parte, o nível tecnológico da pecuária brasileira, ao representar tanto o rebanho bovino quanto a área de pastagem plantada.

s) Cobertura de floresta nativa é a razão entre a área de floresta nativa e a área municipal.

### **2.2.3. Análise das variáveis**

#### **2.2.3.1. Pré-análise**

Na etapa anterior à análise, das possíveis relações entre as variáveis em estudo, buscou-se unir variáveis de distintas origens e formatos (vetoriais e tabulares) em um banco de dados. Para isso, com o auxílio do aplicativo ArcMap10.2.2, fez-se o seguinte procedimento metodológico (Figura 3):

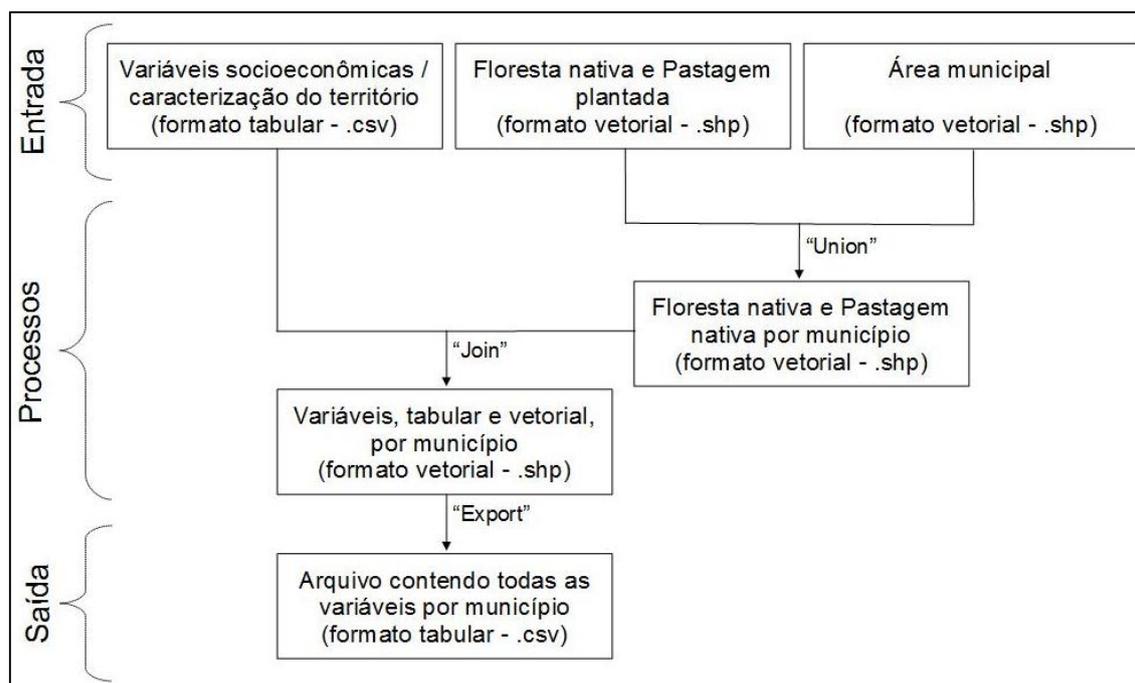


Figura 3: Procedimento metodológico resumido das atividades realizadas antes das análises estatísticas.

Adicionalmente, como forma de avaliar as mudanças ocorridas entre os anos de 2000 e de 2010, nas variáveis em estudo, utilizaram-se os seguintes critérios de seleção: a) Os municípios criados/alterados entre 2000 e 2010 não foram computados na análise; b) Os municípios que não tinham floresta nativa em 2000, por não ser área de ocorrência natural deste tipo de vegetação ou por já haver sofrido desflorestamento em anos anteriores, foram excluídos e ; c) Os municípios que não tiveram a área de floresta alterada (sem variação) também não foram computados na análise. A justificativa para os critérios a e c foram os seguintes: a) Apenas 58 municípios (1,1% de todo o conjunto de dados) foram criados, dos quais metade só Estado do Rio Grande do Sul e, portanto, fora da região em que ocorreu as maiores mudanças na cobertura florestal durante o período de estudo; c) Um grupo de 68 municípios não apresentou mudança na sua cobertura florestal e assim não foi considerado representativo do que ocorreu entre os anos 2000 e 2010, além do fato de não ter havido variação, que é um dos objetivos deste estudo. Seguindo estes critérios, o número de municípios foi reduzido de 5.565 para 1.584. Isto representa 28% dos municípios brasileiros, mas cobre mais de 61% do território nacional em todas as suas cinco regiões geográficas (Figura 2).

### 2.2.3.2. Análise de correlação

Visando identificar as variáveis relacionadas com a mudança na cobertura de floresta nativa, entre os anos de 2000 e 2010, e estimar a magnitude desta possível relação fez-se a

análise de correlação de Spearman entre esta variável e as demais. Análise esta, estratificada pelas variáveis categóricas denominadas de: a) desflorestamento maior do que 20% e b) desflorestamento menor do que 20%. A primeira classe, se refere aos municípios que perderam mais de 20% de suas florestas, entre os anos 2000 e 2010, e a segunda classe aos que perderam menos que 20%. Além dessas análises, foram realizadas verificações visuais, via gráfico de dispersão, entre as variáveis de interesse.

A análise de correlação de Spearman foi escolhida, pois para testar a significância estatística do seu coeficiente não há necessidade do conhecimento da distribuição dos dados das variáveis em estudo, tal qual ocorre em outros tipos de análise de correlação, como a de Pearson por exemplo (BAUER, 2007). Para que isto seja possível, as variáveis supostamente correlacionadas não são medidas em suas escalas originais, mas em postos segundo uma escala ordinal (ZAR, 1999; LIRA & NETO, 2006). Assim, variáveis que se correlacionam de forma monotônica, linear ou não-linear, são captadas pelo coeficiente de Spearman (ZAR, 1999).

Toda esta análise foi efetuada com o auxílio do aplicativo SAS 9.3.

### **2.2.3.3. Análise de regressão**

A partir da identificação das variáveis, relacionadas com a mudança na cobertura de floresta nativa (variável resposta), procedeu-se a análise de regressão com o intuito de verificar o efeito destas na variável resposta. Porém, antes disso, foram estabelecidas algumas considerações:

1) O modelo de regressão é múltiplo e linear nos parâmetros. Múltiplo, pois acredita-se que mais de uma variável será necessária para explicar a mudança na cobertura de floresta nativa. Linear nos parâmetros, porque a relação entre a variável resposta e as explicativas pode ser linearizada. Neste caso, utilizou-se o modelo log-log, em que as variáveis resposta e explicativa foram convertidas para a escala logarítmica (logaritmo neperiano);

2) A forma funcional da relação entre a variável resposta e a explicativa, referente ao crescimento econômico (Renda), é uma quadrática. O fato desta forma esperada ser uma função quadrática se deve à hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (WANG et al., 2016; APERGIS et al., 2017).

Estabelecidas as considerações, do modelo de regressão e da forma funcional, optou-se pela análise com dados em painel (curto e balanceado), em que se tem as observações repetidas, em 2000 e 2010, para os mesmos municípios. As estimações, dos coeficientes da regressão, foram obtidas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), considerando os dados empilhados

e sob o efeito fixo, e por Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), considerando os dados sob o efeito aleatório (GUJARATI, 2000).

No caso dos dados empilhados, desconsiderou-se as variações entre os municípios e entre os anos avaliados, simplesmente empilhou-se as observações e obteve-se os coeficientes da regressão. Ao contrário, sob o efeito fixo, considerou-se que o intercepto variou entre os municípios e manteve-se constante entre os anos avaliados. Já sob o efeito aleatório, o intercepto varia tanto entre os municípios quanto entre os anos (WOOLDRIDGE, 2014).

Para a escolha do modelo mais adequado, dentre os considerados (dados empilhados, sob os efeitos fixo ou aleatório), adotou-se o seguinte procedimento: Aplicou-se o teste de Chow para definição entre os modelos para dados empilhados ou para efeito fixo. Neste caso, a hipótese de nulidade é que o primeiro modelo é o mais adequado. Como esta hipótese foi rejeitada e o modelo sob efeito fixo foi o escolhido, a etapa posterior foi definir entre este e o de efeito aleatório. Para isso, adotou-se o teste de Hausman, sob a hipótese de nulidade de que o modelo de efeitos aleatórios é o mais adequado para estimação dos coeficientes da regressão. Esta hipótese também foi rejeitada e o modelo escolhido foi o de efeito fixo. Assim, a análise dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território que ajudaram a explicar a mudança da cobertura de floresta nativa, dos municípios brasileiros, entre os anos 2000 e 2010, foi feita com base no modelo econométrico, estimado sob o efeito fixo, representado pela seguinte equação:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}$$

em que:  $Y_{it}$  é a variável resposta (logaritmo neperiano da cobertura de floresta nativa) do município  $i$  e no ano  $t$ ;  $\alpha_i$  representa o intercepto;  $\beta_{1..k}$  é o parâmetro a ser estimado;  $X_{1..k}$  representa as variáveis explicativas (indicadores) e;  $\varepsilon_{it}$  é o termo de erro. Este modelo pressupõe distribuição gaussiana, variância constante, observações independentes e erros não correlacionados.

Para a verificação, por exemplo, da pressuposição da variância constante, aplicou-se aos dados o teste de White e, como foi detectada heterocedasticidade, procedeu-se a correção robusta de White. Neste método, os erros padrão são recalculados a partir da heterocedasticidade (WHITE, 1980).

Ressalta-se que toda a análise de regressão foi feita para os 1.584 municípios considerados, para os anos 2000 e 2010, em uma espécie de modelo de regressão geral. Após isso, buscando modelos específicos para os municípios que desflorestaram mais e os que

desflorestaram menos, durante o período de estudo, separou-se o conjunto de dados em dois estratos, a saber: 1) municípios que desflorestaram mais de 20% e; 2) os que desflorestaram menos que este valor. Este número, de 20%, foi determinado em função da legislação florestal vigente no Brasil, na sua regra menos restritiva (BRASIL, 2012). Além disso, para verificar se os estratos definidos são estatisticamente diferentes, fez-se a sua comparação pelo teste *t* de *Student* (ZAR, 1999).

Em resumo, os dados utilizados, na análise de regressão, compõem um painel balanceado curto com 3.168 observações (1.584 municípios x 2 datas). Na Tabela 1, consta uma breve descrição das variáveis explicativas, incluídas no modelo econométrico, o sinal esperado do coeficiente da regressão, bem como a referência da base teórica para os sinais esperados.

Tabela 1: Variáveis explicativas, incluídas no modelo econométrico, o sinal esperado, do coeficiente da regressão linear múltipla, uma breve descrição das mesmas, bem como a referência da base teórica para os sinais esperados

| Variável explicativa | Sinal esperado | Descrição   | Referência da base teórica                               |
|----------------------|----------------|---|--|
| RENDA                | -              | Renda média mensal da população economicamente ativa (R\$)                  | ZWANE (2007), ZHANG et al. (2017), APERGIS et al. (2017) |
| RENDA <sup>2</sup>   | +              | Renda elevada ao quadrado (R\$)   | WANG et al. (2016), APERGIS et al. (2017)                |
| IDHM                 | +              | Índice de Desenvolvimento Humano Municipal                                  | JHA & BAWA (2006), REDO et al. (2012)                    |
| GINI                 | -              | Índice de Gini da renda domiciliar <i>per capita</i>                        | GODOY et al. (2005)                                      |
| POP                  | -              | Número total de habitantes no município                                     | ALIG et al. (2004)                                       |
| DENSI                | -              | Razão entre a população e a área do município (habitantes/km <sup>2</sup> ) | ALIG et al. (2004)                                       |
| TXURB                | -              | Razão entre a população urbana e a população total do município             | PARCERISAS et al. (2012)                                 |
| REBANHO              | -              | Número de cabeças de gado bovino  | OLOFSSON et al. (2016), FARIA & ALMEIDA (2016)           |
| AGRITEMP             | -              | Lavoura temporária (ha)   | OLOFSSON et al. (2016), FARIA & ALMEIDA (2016)           |
| AGRIPER              | -              | Lavoura permanente (ha)   | OLOFSSON et al. (2016)                                   |
| PASTO                | -              | Pastagem plantada (km <sup>2</sup> )  | OLOFSSON et al. (2016)                                   |
| TXLOTA               | +              | Razão entre o rebanho e a pastagem plantada (animais/km <sup>2</sup> )      | ***  |

\*\*\*Obs.: O valor positivo, esperado para a variável TXLOTA, foi baseado na ideia de que a intensificação da pecuária, sem o aumento da área de pastagem, é benéfica à conservação da floresta nativa.

A variável RENDA<sup>2</sup> foi incluída para testar a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Entretanto, a curva esperada é realmente de um “U”, pois a variável resposta é a cobertura de floresta nativa municipal, o que seria o inverso da degradação ambiental. O

Produto Interno Bruto, agregado e desagregado (agropecuária, indústria e serviços, bem como o PIB *per capita*), não foi incluído na análise de regressão, pois a sua inclusão poderia causar multicolinearidade e imprecisão na estimação dos coeficientes.

Toda esta análise foi efetuada com o auxílio do aplicativo STATA 14.0.

### **2.3. Resultados e discussão**

Os municípios brasileiros avaliados (Figura 2), os resultados da estatística descritiva e da estatística *t* de *Student* (Tabela 2), são apresentados como forma de caracterizá-los e verificar a magnitude dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território nacional. A partir das informações contidas na Tabela 2, percebe-se que os municípios que desflorestaram mais de 20% (Figura 2 – cinza escuro), são caracterizados por uma região menos industrializada, florestada, urbanizada e populosa, em que a atividade agropecuária é a mais importante. Ao contrário, os municípios que desflorestaram menos de 20% (Figura 2 – cinza claro), além de serem mais industrializados, florestados, urbanizados e populosos, têm como principal atividade econômica a de serviços, o que pode denotar maior desenvolvimento.

Tabela 2: Estatística descritiva (média, desvio padrão, valores mínimo e máximo) dos municípios brasileiros, via indicadores de desenvolvimento econômico (PIB, PIBA, PIBI, PIBSE, PIBPER e RENDA), social (IDHM, GINI, POP, DENSI e TXURB) e de caracterização do território (REBANHO, AGRITEMP, AGRIPER, PASTO, TXLOTA e FLORESTA), segundo todo o conjunto de dados (geral) e os municípios que perderam mais (desflorestamento > 20%) e menos (desflorestamento < 20%) de 20% de suas florestas nativas, entre os anos 2000 e 2010. Ademais, há o valor *t* de *Student*, proveniente da comparação entre os subconjuntos do desflorestamento

| Variável   | ----- Geral -----      |                        |                        |                         | ----- Desflorestamento > 20% ----- |                        |                        |                         | ----- Desflorestamento < 20% ----- |                        |                        |                         | Valor <i>t</i> |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
|            | Média                  | Desvio padrão          | Mínimo                 | Máximo                  | Média                              | Desvio padrão          | Mínimo                 | Máximo                  | Média                              | Desvio padrão          | Mínimo                 | Máximo                  |                |
| PIB        | 5,31 . 10 <sup>8</sup> | 5,31 . 10 <sup>9</sup> | 2,48 . 10 <sup>6</sup> | 1,98 . 10 <sup>11</sup> | 2,35 . 10 <sup>8</sup>             | 1,00 . 10 <sup>9</sup> | 2,48 . 10 <sup>6</sup> | 1,66 . 10 <sup>10</sup> | 7,64 . 10 <sup>8</sup>             | 7,03 . 10 <sup>9</sup> | 4,04 . 10 <sup>6</sup> | 1,98 . 10 <sup>11</sup> | -1,83*         |
| PIBA       | 1,50 . 10 <sup>7</sup> | 2,08 . 10 <sup>7</sup> | 0                      | 2,85 . 10 <sup>8</sup>  | 1,69 . 10 <sup>7</sup>             | 2,13 . 10 <sup>7</sup> | 0                      | 2,85 . 10 <sup>8</sup>  | 1,34 . 10 <sup>7</sup>             | 2,02 . 10 <sup>7</sup> | 0                      | 2,67 . 10 <sup>8</sup>  | 2,81***        |
| PIBI       | 1,22 . 10 <sup>8</sup> | 9,91 . 10 <sup>8</sup> | 1,30 . 10 <sup>5</sup> | 3,54 . 10 <sup>10</sup> | 6,13 . 10 <sup>7</sup>             | 3,19 . 10 <sup>8</sup> | 1,63 . 10 <sup>5</sup> | 8,08 . 10 <sup>9</sup>  | 1,70 . 10 <sup>8</sup>             | 1,29 . 10 <sup>9</sup> | 1,30 . 10 <sup>5</sup> | 3,54 . 10 <sup>10</sup> | -2,18**        |
| PIBSE      | 3,14 . 10 <sup>8</sup> | 3,47 . 10 <sup>9</sup> | 1,81 . 10 <sup>6</sup> | 1,29 . 10 <sup>11</sup> | 1,26 . 10 <sup>8</sup>             | 5,91 . 10 <sup>8</sup> | 1,81 . 10 <sup>6</sup> | 1,12 . 10 <sup>10</sup> | 4,62 . 10 <sup>8</sup>             | 4,60 . 10 <sup>9</sup> | 1,93 . 10 <sup>6</sup> | 1,29 . 10 <sup>11</sup> | -1,71*         |
| PIBPER     | 5.095,2                | 6.619,5                | 705,9                  | 132.425,8               | 4.726,9                            | 5.693,7                | 769,8                  | 129.629,1               | 5.385,4                            | 7.254,7                | 705,9                  | 132.425,8               | -1,52          |
| RENDA      | 694,4                  | 386,5                  | 107,6                  | 3.966,5                 | 671,7                              | 353,6                  | 107,6                  | 3.031,7                 | 712,3                              | 409,8                  | 113,3                  | 3.966,5                 | -2,96***       |
| IDHM       | 0,59                   | 0,11                   | 0,22                   | 0,85                    | 0,58                               | 0,11                   | 0,27                   | 0,85                    | 0,59                               | 0,11                   | 0,22                   | 0,85                    | -2,50**        |
| GINI       | 0,55                   | 0,07                   | 0,29                   | 0,88                    | 0,546                              | 0,07                   | 0,34                   | 0,79                    | 0,547                              | 0,07                   | 0,29                   | 0,88                    | -1,76*         |
| POP        | 55.689,1               | 343.241,3              | 1.270                  | 1,13 . 10 <sup>7</sup>  | 35.595,2                           | 121.344,4              | 1.476                  | 2.452.185               | 71.519,2                           | 445.550,5              | 1.270                  | 1,13 . 10 <sup>7</sup>  | -1,97**        |
| DENSI      | 123,2                  | 555,9                  | 0,13                   | 10.417,8                | 88,4                               | 409,6                  | 0,33                   | 7.787,2                 | 150,6                              | 647,1                  | 0,13                   | 10.417,8                | -2,19**        |
| TXURB      | 0,63                   | 0,23                   | 0,02                   | 1                       | 0,60                               | 0,22                   | 0,02                   | 1                       | 0,65                               | 0,23                   | 0,07                   | 1                       | -4,03***       |
| REBANHO    | 55.939,5               | 114.187,1              | 0                      | 2.022.366               | 82.001,9                           | 138.842,7              | 0                      | 1.930.475               | 35.407,3                           | 84.703,9               | 0                      | 2.022.366               | 7,69***        |
| AGRITEMP   | 9.420,5                | 35.900,9               | 0                      | 875.839                 | 10.950,6                           | 32.002,0               | 0                      | 448.215                 | 8.215,1                            | 38.663,3               | 0                      | 875.839                 | 1,30           |
| AGRIPER    | 1.716,4                | 4.002,7                | 0                      | 73.102                  | 1.687,2                            | 3.454,1                | 0                      | 25.923                  | 1.739,5                            | 4.387,8                | 0                      | 73.102                  | -0,58          |
| PASTO      | 300,8                  | 788,8                  | 0                      | 16.101,5                | 496,6                              | 1.000,3                | 0                      | 16.101,5                | 146,5                              | 520,0                  | 0                      | 10.514,9                | 8,68***        |
| TXLOTA     | 5.768,6                | 121.649,2              | 0                      | 5.871.286               | 2.547,2                            | 31.208,5               | 0                      | 857.933                 | 8.306,5                            | 160.255,2              | 0                      | 5.871.286               | -1,03          |
| FLORESTA   | 0,21                   | 0,28                   | 0                      | 1                       | 0,12                               | 0,22                   | 0                      | 1                       | 0,28                               | 0,30                   | 0                      | 1                       | 16,55***       |
| N (munic.) | 3.168 (1.584)          |                        |                        |                         | 1.396 (698)                        |                        |                        |                         | 1.772 (886)                        |                        |                        |                         |                |

Em que: PIB é o Produto Interno Bruto (PIB), em R\$; PIBA é o PIB da agropecuária, em R\$; PIBI é o PIB da indústria, em R\$; PIBSE é o PIB de serviços, em R\$; PIBPER é o PIB *per capita*, em R\$; RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa, em R\$; IDHM é o índice de desenvolvimento humano municipal; GINI é o índice de GINI da renda domiciliar *per capita*; POP é o número de habitantes; DENSI é o número de habitantes por km<sup>2</sup>; TXURB é a razão entre a população urbana e a total; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área destinada a agricultura temporária, em ha; AGRIPER é a área destinada a agricultura permanente, em ha; PASTO é a área destinada a pastagem plantada, em km<sup>2</sup>; TXLOTA é a razão entre o REBANHO e o PASTO (animais/km<sup>2</sup>); FLORESTA é a razão entre a área ocupada pela floresta nativa e a área total do município; N é o número de observações; munic. é o número de municípios; \*\*\* significativo a 1% de probabilidade, \*\* significativo a 5% de probabilidade e \* significativo a 10% de probabilidade.

Na análise de correlação, o objetivo foi detectar quão relacionados são os indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território com a cobertura de floresta nativa. Na Tabela 3, consta o resultado desta análise.

Tabela 3: Valores dos coeficientes de correlação de Spearman entre as variáveis indicadoras de desenvolvimento econômico (PIB, PIBA, PIBI, PIBSE, PIBPER e RENDA), social (IDHM, GINI, POP, DENSI e TXURB) e de caracterização do território (REBANHO, AGRITEMP, AGRIPER e PASTO) e a cobertura de floresta nativa, segundo todo o conjunto de dados (geral) e os municípios que desflorestaram mais (desflorestamento > 20%) e menos (desflorestamento < 20%) de 20% de suas florestas nativas, entre os anos 2000 e 2010

| Variável   | Geral         | Desflorestamento > 20% | Desflorestamento < 20% |
|------------|---------------|------------------------|------------------------|
| PIB        | 0,04          | -0,01                  | 0,03                   |
| PIBA       | -0,07***      | 0,05                   | -0,07***               |
| PIBI       | 0,008         | -0,08***               | -0,01                  |
| PIBSE      | 0,06***       | -0,02                  | 0,06***                |
| PIBPER     | -0,09***      | -0,14***               | -0,09***               |
| RENDA      | -0,04         | -0,17***               | 0,01                   |
| IDHM       | -0,19***      | -0,34***               | -0,16***               |
| GINI       | 0,24***       | 0,28***                | 0,26***                |
| POP        | 0,10***       | 0,06                   | 0,09***                |
| DENSI      | -0,24***      | -0,23***               | -0,33***               |
| TXURB      | -0,10***      | -0,22***               | -0,09***               |
| REBANHO    | -0,12***      | 0,12***                | -0,19***               |
| AGRITEMP   | -0,18***      | -0,03                  | -0,22***               |
| AGRIPER    | 0,08***       | 0,20***                | -0,004                 |
| PASTO      | 0,08***       | 0,26***                | 0,13***                |
| TXLOTA     | 0,08***       | 0,17***                | 0,10***                |
| N (munic.) | 3.168 (1.584) | 1.396 (698)            | 1.772 (886)            |

Em que: 1) PIB é o Produto Interno Bruto; PIBA é o PIB da agropecuária; PIBI é o PIB da indústria; PIBSE é o PIB de serviços; PIBPER é o PIB *per capita*; RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa; IDHM é o índice de desenvolvimento humano municipal; GINI é o índice de GINI da renda domiciliar *per capita*; POP é o número de habitantes; DENSI é o número de habitantes por km<sup>2</sup>; TXURB é a razão entre a população urbana e a total; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área destinada a lavoura temporária; AGRIPER é a área destinada a lavoura permanente; PASTO é a área destinada a pastagem plantada; TXLOTA é a razão entre o REBANHO e o PASTO (animais/km<sup>2</sup>); N é o número de observações; munic. é o número de municípios. 2) \*\*\* significativo a 1% de probabilidade.

A partir dos resultados contidos na Tabela 3 e considerando apenas as correlações significativas, constata-se relação entre os indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território com a cobertura florestal nativa. Percebe-se que, de maneira geral, estas correlações são mais fortes quando há a estratificação entre o grupo de municípios que desflorestaram mais e menos que 20%, durante o período de estudo. Isso fica mais evidente no grupo de municípios que perdeu, na última década, mais de 20% de seus recursos florestais nativos (Tabela 3 – Desflorestamento > 20%).

A relação diferenciada entre os indicadores utilizados e os recursos florestais nativos, segundo a sua cobertura, demonstra a heterogeneidade do nível de desenvolvimento municipal brasileiro. De um lado estão os municípios mais desenvolvidos e/ou mais florestados (Figura 2

– cinza claro), os que já perderam boa parte de suas reservas florestais nativas (leste do Brasil) e os que ainda não sofreram grandes perdas destas reservas (centro-norte do Brasil). Já no outro extremo, está a “fronteira agrícola”, notadamente a “borda amazônica” nos seus limites leste e sul (MARTINI et al., 2015), os municípios que perderam mais de 20% dos seus recursos florestais nativos só na última década (Figura 2 – cinza escuro). Deste modo, ao constatar a relação entre os indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território e a cobertura florestal nativa, segundo a localização geográfica municipal, a questão que surge é saber o efeito causal de cada um desses indicadores nos recursos florestais nativos do Brasil. Para responder esta questão, foram estimados os coeficientes da regressão linear múltipla, via MQO, segundo um modelo de efeito fixo (Tabela 4).

De acordo com os resultados contidos na Tabela 4, percebe-se que, de maneira geral, as estimativas significativas estão com os sinais esperados (Tabela 1), notadamente para os estratos analisados (Desflorestamento > 20% e Desflorestamento < 20%). A exceção ocorreu para a lavoura temporária, em todo o conjunto de dados “Geral” e no estrato “Desflorestamento < 20%”, e para o índice de desenvolvimento humano, independentemente do conjunto de dados considerado. Estes indicadores tiveram, respectivamente, efeitos positivo e negativo na cobertura florestal nativa. O efeito positivo da lavoura temporária na cobertura florestal nativa, representa, em certa medida, uma quebra de paradigma (BYERLEE et al., 2014), pois o aumento, em área, deste tipo de lavoura, propiciou o incremento das florestas nativas nos municípios mais desenvolvidos e/ou florestados do país (Figura 2 – cinza claro e Tabela 4 – Desflorestamento < 20%). Esta constatação não é necessariamente uma surpresa, se considerarmos que as culturas agrícolas mais representativas, desta lavoura temporária, são as que utilizam, atualmente, a máxima eficiência tecnológica da agricultura brasileira, as culturas da soja e da cana-de-açúcar (IBGE, 2016).

Tabela 4: Valores dos coeficientes da regressão linear múltipla, para os dados em painel, estimados por Mínimos Quadrados Ordinários, para cada variável explicativa e modelo de efeito fixo, segundo todo o conjunto de dados (geral) e os municípios que perderam mais (desflorestamento > 20%) e menos (desflorestamento < 20%) de 20% de suas florestas nativas, entre os anos 2000 e 2010

| Variável explicativa (ln)       | Geral                 | Desflorestamento > 20% | Desflorestamento < 20% |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Intercepto                      | 0,0065<br>(0,219)     | -0,4193<br>(0,944)     | 0,5875***<br>(0,085)   |
| RENDA                           | -7,6296**<br>(3,611)  | -14,3564**<br>(6,259)  | -6,2965***<br>(0,984)  |
| RENDA <sup>2</sup>              | 3,8289**<br>(1,803)   | 7,2037**<br>(3,126)    | 3,1424***<br>(0,492)   |
| IDHM                            | -0,7530***<br>(0,079) | -1,3190***<br>(0,146)  | -0,1246***<br>(0,026)  |
| GINI                            | -0,0946**<br>(0,039)  | -0,3006***<br>(0,084)  | 0,0019<br>(0,013)      |
| POP                             | 0,0966**<br>(0,038)   | 0,2292<br>(0,158)      | -0,0283**<br>(0,013)   |
| DENSI                           | -0,1739***<br>(0,044) | -0,4042**<br>(0,176)   | 0,0210<br>(0,014)      |
| TXURB                           | 0,0061<br>(0,049)     | -0,0436<br>(0,104)     | -0,0037<br>(0,014)     |
| REBANHO                         | -0,0066*<br>(0,004)   | -0,0097<br>(0,009)     | -0,0017**<br>(0,0007)  |
| AGRITEMP                        | 0,0034**<br>(0,002)   | 0,0038<br>(0,004)      | 0,0012*<br>(0,0006)    |
| AGRIPER                         | -0,0001<br>(0,002)    | 0,0022<br>(0,003)      | -0,0005<br>(0,0005)    |
| PASTO                           | 0,0046<br>(0,007)     | 0,0073<br>(0,021)      | -0,0004<br>(0,0007)    |
| TXLOTA                          | 0,0030***<br>(0,001)  | 0,0055***<br>(0,002)   | 0,0004*<br>(0,0002)    |
| N                               | 3.168                 | 1.396                  | 1.772                  |
| R <sup>2</sup> <sub>ajust</sub> | 0,2737                | 0,4178                 | 0,4216                 |
| Chow                            | 17,43***              | 7,50***                | 322,16***              |
| Hausman                         | 511,24***             | 22,75**                | 87,36***               |

Em que: 1) RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa; RENDA<sup>2</sup> é a RENDA elevada ao quadrado; IDHM é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; GINI é o Índice de GINI da renda domiciliar *per capita*; POP é o número de habitantes; DENSI é o número de habitantes por km<sup>2</sup>; TXURB é a razão entre a população urbana e a total; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área destinada a lavoura temporária; AGRIPER é a área destinada a lavoura permanente; PASTO é a área destinada a pastagem plantada; TXLOTA é a razão entre o REBANHO e o PASTO; N é o número de observações. 2) \*\*\* significativo a 1% de probabilidade, \*\* significativo a 5% de probabilidade e \* significativo a 10% de probabilidade. 3) Erro padrão robusto entre parênteses. Obs.: Todos os dados foram convertidos para a escala log (ln).

A agricultura brasileira voltada para as culturas da soja e da cana-de-açúcar, de maneira geral, utiliza técnicas de conservação do solo (BUSTOS et al., 2016; CHERUBIN et al., 2016), de eficiência no uso de insumos agrícolas (MARCHAND, 2012; GONTIJO et al., 2018) e de manutenção das reservas legais e das áreas de preservação permanente (MONASTEROLO et al., 2015; LATHUILLIÈRE et al., 2017), principalmente por tratar-se de áreas, geralmente, mais fiscalizadas por agentes públicos. Assim, todas essas medidas, resultam em conservação dos recursos florestais. Ademais, as áreas de lavouras temporárias, no estrato em questão (Figura 2 – cinza claro e Tabela 4 – Desflorestamento < 20%), representam boa parte: do Mato Grosso, estado brasileiro detentor da maior área de plantio de soja do país (IBGE, 2016); do Paraná, segundo maior produtor de soja do Brasil (IBGE, 2016) e um dos estados pioneiros no cultivo desta cultura (OLIVEIRA, 2016); de São Paulo, o maior produtor brasileiro de cana-de-

açúcar (RUDORFF et al., 2010); e da região conhecida como “MATOPIBA”, que, atualmente, representa as áreas de expansão das grandes culturas, como a soja, a cana-de-açúcar, o milho, o algodão e, em menor escala, o arroz (MINGOTI et al., 2014).

Interpretação similar pode ser feita para a taxa de lotação animal, que também teve efeito positivo na cobertura florestal nativa, independentemente do conjunto de dados considerado (Tabela 4). Com isso, o aumento da taxa de lotação animal, que significa a razão entre o rebanho bovino e a área de pastagem plantada, representa, também em certa medida (PULIDO et al., 2017), a maior eficiência deste sistema produtivo (DIAS-FILHO, 2014). Além disso, confirma a senso comum de que a intensificação da pecuária, sem resultar no aumento de área de pastagem, é benéfica para a conservação dos recursos naturais, representada aqui, pela floresta nativa. Para reforçar esta mesma ideia, o rebanho bovino, que teve efeito negativo na cobertura florestal nativa (Tabela 4 - Geral e Desflorestamento < 20%), tal qual um estudo realizado na Amazônia brasileira (FARIA & ALMEIDA, 2016), confirma o fato de que uma agropecuária mais eficiente produz efeitos positivos aos recursos florestais, o que nem sempre ocorre no Brasil.

No caso do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), que representa um indicador de desenvolvimento socioeconômico, o seu efeito foi negativo na cobertura florestal nativa, para qualquer conjunto de dados considerado (Tabela 4). Em outras palavras, isso significa que a melhoria neste índice, na última década, pode estar relacionada com o desflorestamento nos municípios brasileiros. Esta constatação, parece plausível se considerarmos o valor médio deste índice ( $0,59 \pm 0,11$  – Tabela 2), para a maioria dos municípios brasileiros, durante o período estudado. Por exemplo, ARRAES et al. (2012), estudando as causas do desmatamento, em municípios da Amazônia brasileira, constataram que, para níveis elevados de IDHM ( $> 0,80$ ), a probabilidade de haver desmatamento foi 18 vezes menor do que quando o IDHM era baixo. Resultados similares já haviam sido encontrados por MATHER & NEEDLE (1999), para 104 países, por JHA & BAWA (2006), para 30 países, e, mais recentemente, por GREKOUSIS et al. (2016), para 28 nações da União Europeia.

O fato de, no início do desflorestamento e em regiões menos desenvolvidas, o IDHM melhorar com o aumento da degradação ambiental, é confirmado pelos resultados aqui apresentados. O coeficiente da regressão, para o IDHM, no grupo de municípios que mais desflorestou, é cerca de 11 vezes maior (em módulo) do que o do grupo de municípios que desflorestou menos (Figura 4). Este resultado pode significar que a melhoria na qualidade de vida das pessoas, com o aumento do desflorestamento, é efêmero, por diversos motivos

inerentes, mas não exclusivos, à atividade econômica em questão, dentre os quais destacam-se: a) empregos gerados por uma mão de obra, pelo menos a especializada, composta de trabalhadores migrantes, que geralmente não se fixam no local; e b) a implementação de uma infraestrutura, geralmente temporária, exclusiva para atender a atividade do desflorestamento. Este efeito efêmero também foi observado para a Amazônia brasileira por RODRIGUES et al. (2009).

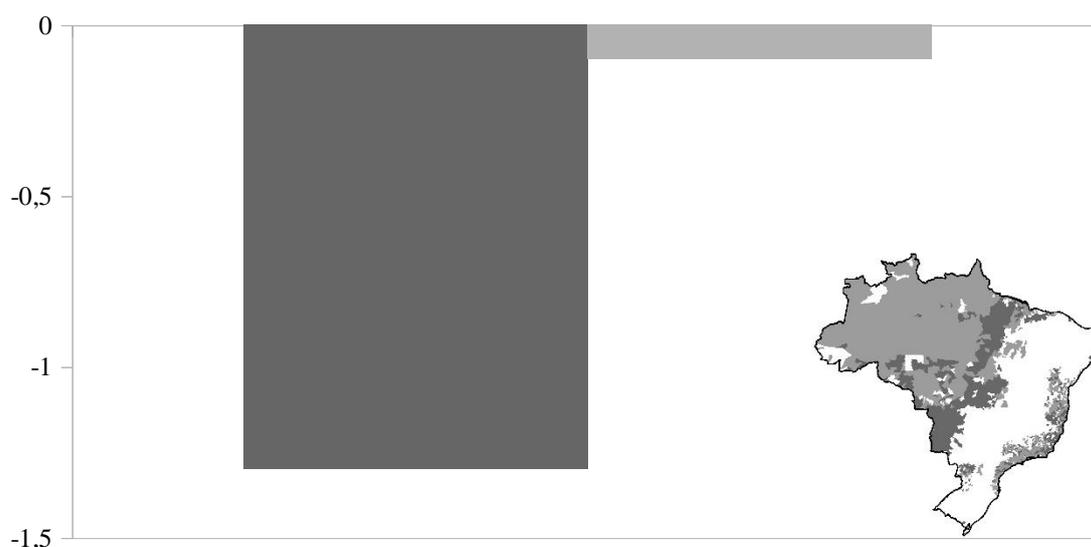


Figura 4: Valores dos coeficientes da regressão linear múltipla, para a variável IDHM, segundo os municípios que desflorestaram mais de 20% (cinza escuro) e menos do que este valor (cinza claro).

Outra questão que surge, na análise da melhoria na qualidade de vida das pessoas, aferida pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e relacionada com o desflorestamento do Brasil, é saber quem foi beneficiado com a melhoria neste indicador. O Índice de Gini, utilizado neste estudo, como medida de desigualdade na distribuição de renda *per capita*, pode indicar se esta melhoria, pelo menos em renda (um dos componentes do IDHM), tende a ser desigual ou não. Ao observar os resultados contidos na Tabela 4 (Geral e Desflorestamento > 20%), constata-se o efeito negativo do Índice de Gini para a cobertura florestal nativa. Este resultado, que já era esperado (Tabela 1), confirma outro efeito negativo do desflorestamento, a concentração de renda. A melhoria na qualidade de vida das pessoas com o desflorestamento, além de ser efêmero, ocorre para poucos. Esta constatação não parece ser uma consequência exclusiva da atividade do desflorestamento. Por exemplo, MARTINELLI et al. (2017), avaliando o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros, com a expansão da cultura da soja, um dos principais produtos agrícolas do país (CONAB, 2017), verificou que, de maneira geral, os índices de desenvolvimento humano e de

Gini aumentaram nos municípios que cultivavam soja. Resultados assim, parecem evidenciar os efeitos positivos da diversificação das atividades econômicas em nível municipal. Estas poderiam minimizar a concentração de renda e o caráter efêmero, da melhoria na qualidade de vida das pessoas, nos municípios brasileiros que experimentaram, na última década, um desflorestamento mais intenso.

Mais uma questão importante a ser analisada e fruto da criação de uma variável a partir de outra (Tabela 1 – RENDA<sup>2</sup>) é o ajuste da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) aos dados. Ao observar a significância e o sinal dos coeficientes da variável RENDA<sup>2</sup> (Tabela 4), verifica-se este ajuste, para qualquer conjunto de dados considerado. Ressalta-se que o formato da curva esperada é um “U”, pois a variável resposta é a cobertura florestal nativa, ou, em outras palavras, o inverso da degradação ambiental. Esta verificação numérica, conforme estudos similares (COLUSSO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2011), confirma empiricamente, para a maior parte dos municípios brasileiros, a hipótese de que: no início do desenvolvimento, aumenta-se a degradação ambiental até o ponto em que, com o contínuo crescimento econômico, esta degradação tende a diminuir (WANG et al., 2016; APERGIS et al., 2017). A princípio, o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, ocorrido na década passada, ainda foi pautado pelo uso intensivo dos recursos naturais, representado aqui pela redução na cobertura das florestas nativas. Mas, a dependência do desenvolvimento brasileiro em função destes recursos foi menor nas regiões mais desenvolvidas do país. Isto pode ser constatado a partir dos menores valores (em módulo), dos coeficientes da regressão, para as variáveis RENDA (Figura 5A) e RENDA<sup>2</sup> (Figura 5B), na região mais desenvolvida (Figura 5 – cinza claro), em relação a de menor desenvolvimento socioeconômico (Figura 5 – cinza escuro).

A percepção de que o aumento na renda dos brasileiros foi sustentado pelo desflorestamento em uma região menos próspera e que esta dependência diminuiu nas áreas mais desenvolvidas do país levanta algumas questões acerca da hipótese contida na CKA. O contínuo desenvolvimento do Brasil realmente reduzirá o desflorestamento? O aumento da renda em função do desflorestamento tende a diminuir porque a região se desenvolveu ou porque não haverá mais recursos florestais? Em relação a primeira questão, algumas pesquisas (CELENTANO et al., 2012; WEINHOLD et al., 2015; TRITSCH & ARVOR, 2016) parecem indicar uma resposta negativa. No caso da segunda questão, a diminuição drástica dos recursos florestais nativos é que parecem determinar a sua desvinculação com o desenvolvimento econômico (CAVIGLIA-HARRIS et al., 2016). Desta forma, as respostas às questões postas revelam a função descritiva da CKA sobre o que ocorreu com as florestas do Brasil frente ao modelo de desenvolvimento adotado pelo país. Mas, a partir desta pesquisa, não é possível

afirmar que, após o ponto de inflexão da CKA, a conservação florestal será prioridade em relação ao desenvolvimento.

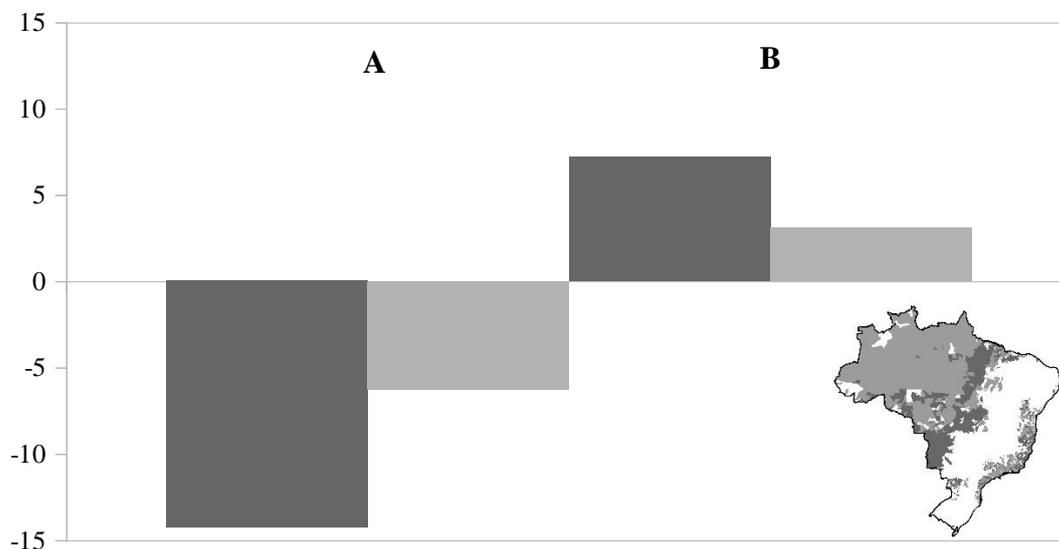


Figura 5: Valores dos coeficientes da regressão linear múltipla, para as variáveis RENDA (A) e RENDA2 (B), segundo os municípios que desflorestaram mais de 20% (cinza escuro) e menos do que este valor (cinza claro).

A constatação de que o desenvolvimento do Brasil, entre 2000 e 2010, foi alicerçado no uso intensivo dos recursos naturais e que a relação entre um indicador de desenvolvimento econômico e a cobertura florestal nativa segue a CKA, não possibilitam compreender toda a complexidade sobre as causas da redução da área de florestas nativas do país. Existem outros fatores responsáveis pela referida diminuição, como o efeito das políticas econômicas, da legislação ambiental vigente; ambas nos níveis federal, estadual e municipal, e das questões culturais, envolvidas ao uso das florestas brasileiras. Porém, nesse estudo, buscou-se realizar uma análise, de caráter multidisciplinar, com abrangência nacional, em que quase 2/3 do território brasileiro foi avaliado, em um período de grandes transformações políticas, econômicas e sociais no Brasil.

#### 2.4. Conclusões

Apesar do caráter essencialmente exploratório deste estudo, duas hipóteses básicas nortearam a sua condução. A primeira é que existem diferenças na melhoria da qualidade de vida dos brasileiros, ocorridos na última década (2000-2010), entre regiões mais e menos desenvolvidas, e a segunda é que tais diferenças se refletem na relação entre a cobertura florestal nativa e os indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território do Brasil.

É grande a variabilidade nos resultados obtidos, mas esta variabilidade foi reduzida em duas vezes pela estratificação entre os municípios que perderam mais e menos de 20% de suas florestas nativas entre os anos 2000 e 2010.

De todos os indicadores, de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território, relacionados à mudança na cobertura florestal nativa, os mais importantes foram: a renda média mensal da população economicamente ativa, os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal e de Gini e a taxa de lotação animal. A influência destes indicadores parece ser mais intensa na região conhecida como “fronteira agrícola”, notadamente na “borda amazônica” nos seus limites leste e sul.

A mudança na cobertura florestal nativa, sob a influência da renda média mensal da população economicamente ativa, parece seguir a Curva de Kuznets Ambiental (CKA). A princípio, o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, ocorrido na década passada (2000-2010), ainda foi pautado pelo uso intensivo dos recursos naturais, mas, a julgar pelos resultados, esta tendência parece diminuir.

Os resultados deste estudo reforçam a ideia de que o desenvolvimento socioeconômico do Brasil baseado na perda da cobertura florestal pode provocar dois sérios problemas: o primeiro é a melhoria efêmera nos indicadores de desenvolvimento, e o segundo é o favorecimento da concentração da renda. Desta forma, o estado brasileiro parece cometer os mesmos equívocos do passado ao desenvolver com a supressão das suas florestas nativas e este desenvolvimento não resultar na melhoria da vida da maior parte da sua população.

Os indicadores que denotaram maior eficiência na agropecuária favoreceram a conservação florestal. Desta forma, o maior investimento em pesquisa agropecuária se mostra como um importante fator de desenvolvimento socioeconômico ao mesmo tempo em que auxilia na conservação dos recursos florestais nativos do Brasil. Assim, o fortalecimento de instituições públicas e/ou privadas, de pesquisa e extensão em agricultura e pecuária, pode ser uma das possíveis soluções para um desenvolvimento socioeconômico mais sustentável.

Políticas públicas como as implementadas pelos programas Bolsa Floresta, do estado do Amazonas, e Bolsa Verde, do governo federal, são algumas das possíveis ações para a minimização da concentração de renda aliada à conservação dos recursos florestais, principalmente na região da “fronteira agrícola”. Além disso, programas como este, tem como principal objetivo a promoção da melhoria da qualidade de vida das pessoas em situação de extrema pobreza. Neste aspecto, a obrigatoriedade dessas famílias manterem os filhos na escola pode ser considerada uma estratégia governamental que levaria ao crescimento econômico com menor desigualdade.

## Referências

AGUIAR, S. A.; SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A. Métodos de cálculo de taxa de lotação em pastagens com suplementação. **43<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p. 1–4, 2006.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119–140, 2012.

ALIG, R. J.; KLINE, J. D.; LICHTENSTEIN, M. Urbanization on the US landscape: Looking ahead in the 21st century. **Landscape and Urban Planning**, v. 69, n. 2-3, p. 219–234, 2004.

APERGIS, N.; CHRISTOU, C.; GUPTA, R. Are there Environmental Kuznets Curves for US State-Level CO<sub>2</sub> Emissions? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, p. 551–558, 2017.

ARAÚJO, E.; GALA, P. Regimes de crescimento econômico no Brasil: evidências empíricas e implicações de política. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 75, p. 41–56, 2012.

BASU, A.; NAYAK, N. C. Underlying causes of forest cover change in Odisha, India. **Forest Policy and Economics**, v. 13, n. 7, p. 563–569, 2011.

BAUER, L. **Estimação do coeficiente de correlação de Spearman ponderado**. 2007. 95f. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia). UFRGS. Porto Alegre, RS. 2007.

BEUCHLE, R.; Grecchi, R. C.; Shimabukuro, Y. E.; Seliger, R.; Eva, H. D.; Sano, E.; Achard, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116–127, mar. 2015.

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, n. 102, 28 MAI. 2012. Seção 1, p.10-11.

BUSTOS, P.; CAPRETTINI, B.; PONTICELLI, J. Agricultural productivity and structural transformation. Evidence from Brazil. **American Economic Review**, v. 106, n. 14–7, p. 1320–1365, 2016.

BYERLEE, D.; STEVENSON, J.; VILLORIA, N. Does intensification slow crop land expansion or encourage deforestation? **Global Food Security**, v. 3, n. 2, p. 92–98, 2014.

CAVIGLIA-HARRIS, J. et al. Busting the Boom – Bust Pattern of Development in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 79, p. 82–96, 2016.

CELENTANO, D. et al. Welfare Outcomes and the Advance of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 40, n. 4, p. 850–864, 2012.

CHERUBIN, M. R. et al. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. **Geoderma**, v. 267, p. 156–168, 2016.

COLUSSO, M. V. S.; PARRÉ, J. L.; ALMEIDA, E. S. Degradação ambiental e crescimento econômico: a curva de Kuznets ambiental para o Cerrado. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 10, n. 3, p. 335–358, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos (v.5, safra 2017/18, terceiro levantamento). Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_12\\_12\\_17\\_59\\_52\\_dezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_12_12_17_59_52_dezembro.pdf)>. Acessado em 21 dez. 2017.

D’ANNUNZIO, R. et al. Projecting global forest area towards 2030. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 124–133, 2015.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – DATASUS. Índice de Gini da renda domiciliar per capita. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>>. Acesso em 06 dez. 2017.

DEDECCA, C. S.; TROVÃO, C. J. B. M.; SOUZA, L. F. Desenvolvimento e equidade. **Novos Estudos**, v. 98, p. 23-41, 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>>. Acesso em: dez. 2017.

EWERS, R. M. Interaction effects between economic development and forest cover determine deforestation rates. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 2, p. 161–169, 2006.

FARIA, W. R.; ALMEIDA, A. N. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 121, p. 85–97, 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (2015-2016). Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/quem-somos/publicacoes/>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

GODOY, R. et al. Income inequality and adult nutritional status: Anthropometric evidence from a pre-industrial society in the Bolivian Amazon. **Social Science and Medicine**, v. 61, n. 5, p. 907–919, 2005.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. **Desenvolvimento econômico e Desmatamento na Amazônia Legal: Uma Análise Econométrica**. [s.l.] Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 1 jul. 2008. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org/RePEc:ags:sbrfsr:103095>>. Acesso em: 13 out. 2015.

GONG, C. et al. Determining socioeconomic drivers of urban forest fragmentation with historical remote sensing images. **Landscape and Urban Planning**, v. 117, p. 57–65, 2013.

GONTIJO, P. C. et al. Non-target impacts of soybean insecticidal seed treatments on the life history and behavior of *Podisus nigrispinus*, a predator of fall armyworm. **Chemosphere**, v. 191, p. 342–349, 2018.

GREKOUSIS, G.; MOUNTRAKIS, G.; KAVOURAS, M. Linking MODIS-derived forest and cropland land cover 2011 estimations to socioeconomic and environmental indicators for the European Union's 28 countries. **GIScience & Remote Sensing**, v. 53, n. 1, p. 122–146, 2016.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, 3ª edição, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA: 2000 – 2010 – 2012, 2015a. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/cobertura\\_e\\_uso\\_da\\_terra/mudancas/documentos/mudancas\\_de\\_cobertura\\_e\\_uso\\_da\\_terra\\_2000\\_2010\\_2012\\_2014.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/mudancas/documentos/mudancas_de_cobertura_e_uso_da_terra_2000_2010_2012_2014.pdf)>. Acesso em 20 mar. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produto interno bruto dos municípios. Rio de Janeiro, IBGE, 2015b. Contas Nacionais, n. 49. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010\\_2013/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010_2013/default.shtm)>. Acesso em 08 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA). Censo agropecuário 2006. 2016. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 20 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA). Censo demográfico 2000 e 2010. 2017. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 20 mar. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Coordenação Geral de Observação da Terra - OBT. Projeto PRODES: monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/>> . Acesso em: 04 jan. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Base de dados macroeconômico, regional e social (Ipeadata). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acessado em 19 mar. 2017.

JHA, S.; BAWA, K. S. Population growth, human development, and deforestation in biodiversity hotspots. **Conservation Biology**, v. 20, n. 3, p. 906–912, 2006.

KAKWANI, N.; NERI, M. C.; SON, H. H. Linkages between pro-poor growth, social programs and labor market: The recent Brazilian experience. **World Development**, v. 38, n. 6, p. 881–894, 2010.

KHAN, S. A. R.; ZAMAN, K.; ZHANG, Y. The relationship between energy-resource depletion, climate change, health resources and the environmental Kuznets curve: Evidence from the panel of selected developed countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 468–477, 2016.

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1–28, 1955.

LATHUILLIÈRE, M. J. et al. Land occupation and transformation impacts of soybean production in Southern Amazonia, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 680–689, 2017.

LIRA, S. A.; NETO, A. C. Coeficientes de correlação o para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de pearson. **Ciencia y Engenharia/ Science and Engineering Journal**, v. 15, p. 45–53, 2006.

LIU, Y. et al. Socioeconomic drivers of forest loss and fragmentation: A comparison between different land use planning schemes and policy implications. **Land Use Policy**, v. 54, p. 58–68, 2016.

LUZZATI, T. Kuznets Curves. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**, v. 13, p. 144–149, 2015.

MARCHAND, S. The relationship between technical efficiency in agriculture and deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 77, p. 166–175, 2012.

MARTINELLI, L. et al. Soy Expansion and Socioeconomic Development in Municipalities of Brazil. **Land**, v. 6, n. 3, p. 62, 2017.

MARTINI, D. Z.; Moreira, M. A.; Cruz de Aragão, L. E. O.; Formaggio, A. R.; Dalla-Nora, E. L. Potential land availability for agricultural expansion in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 49, p. 35–42, 2015.

MATHER, A. S.; NEEDLE, C. L. Development, democracy and forest trends. **Global Environmental Change**, v. 9, n. 2, p. 105–118, 1999.

MONASTEROLO, M. et al. Soybean crops may benefit from forest pollinators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 202, p. 217–222, 2015.

MINGOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/991059/matopiba-caracterizacao-das-areas-com-grande-producao-de-culturas-anuais>>. Acesso em: dez. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Quarto Relatório para a convenção sobre a diversidade biológica**. Brasília: MMA, 2011. 248p.

OLIVEIRA, V. R. DE; JACINTO, P. D. A. Crescimento pró-pobre ou empobrecedor? Uma análise para os estados brasileiros, no período 1995-2011. **Nova Economia**, v. 25, n. 1, p. 161–180, 2015.

OLIVEIRA, G. DE L. T. The geopolitics of Brazilian soybeans. **Journal of Peasant Studies**, v. 43, n. 2, p. 348–372, 2016.

Oliveira, R. C. de; Almeida, E.; Freguglia, R. S.; Barreto, R. C. S. Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. **RESR**, v. 49, n. 03, p. 709-740, 2011.

OLOFSSON, P. et al. Time series analysis of satellite data reveals continuous deforestation of New England since the 1980s. **Environmental Research Letters**, v. In review, n. 6, p. 1–8, 2016.

PARCERISAS, L. et al. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish Mediterranean coast (El Maresme County, 1850-2005). **Environmental Science and Policy**, v. 23, p. 120–132, 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro (IDHM). Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. 96 p. – (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013).

PULIDO, M. et al. Reduction of the frequency of herbaceous roots as an effect of soil compaction induced by heavy grazing in rangelands of SW Spain. **Catena**, v. 158, n. December 2016, p. 381–389, 2017.

REDO, D. J. et al. Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 23, p. 8839–44, 2012.

RIBEIRO, L. L.; ARAUJO, J. A.; FEITOSA, D. G. Crescimento pró-pobre? Uma análise para os meios urbano e rural no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 45, n. 1, p. 155–176, 2015.

RIBEIRO, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J.; Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, jun. 2009.

RODRIGUES, A. S.; EWERS, R. M.; PARRY, L.; SOUZA Jr., C.; VERISSIMO, A.; BALMFORD, A. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. **Science**, v. 324, n. 5933, p. 1435–1437, 2009.

RUDORFF, B. F. T. et al. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo state (Brazil) using Landsat data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057–1076, 2010.

SCHMITT, C. B.; BURGESS, N. D.; COAD, L.; BELOKUROV, A.; BESANÇON, C.; BOISROBERT, L.; CAMPBELL, A.; FISH, L.; GLIDDON, D.; HUMPHRIES, K.; KAPOs,

V.; LOUCKS, C.; LYSENKO, I.; MILES, L.; MILLS, C.; MINNEMEYER, S.; PISTORIUS, T.; RAVILIOUS, C.; STEININGER, M.; WINKEL, G. Global analysis of the protection status of the world's forests. **Biological Conservation**, v. 142, n. 10, p. 2122–2130, 2009.

SLOAN, S.; SAYER, J. A. Forest Resources Assessment of 2015 shows positive global trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 134–145, 2015.

TRITSCH, I.; ARVOR, D. Transition in environmental governance in the Brazilian Amazon: emergence of a new pattern of socio-economic development and deforestation. **Land Use Policy**, v. 59, p. 446–455, 2016.

TSUJINO, R. et al. History of forest loss and degradation in Indonesia. **Land Use Policy**, v. 57, p. 335–347, 2016.

WANG, Z. et al. Analysis of relationship between Beijing's environment and development based on Environmental Kuznets Curve. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 474–483, 2016.

WEINHOLD, D.; REIS, E. J.; VALE, P. M. Boom-bust patterns in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 35, p. 391–399, 2015.

WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. **Econometrica**, v. 48, n. 4, p. 817–838, 1980.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 4<sup>a</sup> edição, 2014.

WORLD BANK, 2016. World Development Indicators 2016. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/products/wdi>>. Acesso em: 25 de jan. 2016.

ZAR, J. **Biostatistical Analysis**. Upper Saddle River – NJ: Prentice-Hall, 4<sup>a</sup> edition, 1999.

ZHANG, K., SONG, C., ZHANG, Y., ZHANG, Q. Natural disasters and economic development drive forest dynamics and transition in China. **Forest Policy and Economics**. v. 76, p. 56-64, 2017.

ZWANE, A. P. Does poverty constrain deforestation? Econometric evidence from Peru. **Journal of Development Economics**, v. 84, n. 1, p. 330–349, 2007.



### **3. PLANO AMOSTRAL PARA INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO NO BRASIL: IMPLICAÇÕES PRÁTICAS AO CONSIDERAR PRECISÃO E CUSTO**

#### **RESUMO**

O desflorestamento municipal brasileiro, entre 2000 e 2010, foi relacionado aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico como Renda média mensal (Renda), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e Índice de Gini (Gini). Estes indicadores, verificados a partir do censo demográfico, são divulgados decenalmente e têm custo elevado de obtenção. Apesar de serem onerosos, tratam-se de importantes descritores do fenômeno de desflorestamento que ocorre em um dos mais relevantes ecossistemas mundiais, as florestas brasileiras. Por isso, neste estudo, objetivou-se detectar a amostra mais representativa e de menor custo, para a obtenção dos referidos indicadores, dos municípios brasileiros em 2000 e 2010. Para isso, foram obtidos a média e o intervalo de confiança amostrais para serem comparados com a média populacional. Os estimadores, média e intervalo de confiança, são provenientes de 1000 reamostragens, segundo as amostragens aleatória simples e estratificada aleatória por região geográfica. As intensidades amostrais avaliadas foram: 10%, 20%, 30%, 40% e 50% dos municípios do Brasil. Os resultados indicaram que: a) 10% dos municípios brasileiros são suficientes para representar a Renda, o IDHM e o Gini; b) tanto a amostragem aleatória quanto a estratificada são indicadas para selecionar os municípios que fornecerão os valores de IDHM e de Gini, ao contrário, para a Renda, a amostragem indicada é a estratificada. Resultados assim, evidenciam a importância da pesquisa aplicada, no campo da amostragem e da simulação, para resolução de problemas atuais, como o levantamento de dados demográficos, em situação de restrição orçamentária, notadamente, nos países de dimensões continentais como o Brasil.

Palavras-chave: Representatividade amostral; Amostragem probabilística; Dados censitários

#### **ABSTRACT**

The Brazilian municipal deforestation, between 2000 and 2010, was explained by socioeconomic development indicators such as Income, Municipal Human Development Index, and Gini Index. These indicators, verified from the demographic census, are published decennially and have a high cost of obtaining. Although onerous, are descriptor relevant to the phenomenon of deforestation that happens in of global significance ecosystem, the Brazilian forests. Therefore, here, we aimed to detect the most representative and least cost sample, to obtain these indicators, of the Brazilian municipalities in 2000 and 2010. To do this, we obtained the mean and the sample confidence interval to compare with the population mean. The estimators, mean and confidence interval, come from 1000 resampling, according to simple random and stratified sampling by geographic region. We evaluated the following sample intensities: 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of Brazilian municipalities. The results indicated that: a) 10% of the Brazilian municipalities are sufficient to represent the Income, HDI, and Gini; b) for HDI and Gini, we recommend both random sampling and stratified sampling; for the Income, we recommend stratified sampling. These results show the importance of applied research, in sampling and simulation, to solve current problems, such as demographic data collection, in a situation of resources limitation, especially in countries with continental dimensions like Brazil.

Keywords: Sample representation; Probabilistic sampling; Census data

### 3.1. Introdução

As florestas brasileiras respondem por cerca de 13% da cobertura arbórea mundial (FAO, 2010) e abrigam uma imensidão de formas de vida com aproximadamente 11% de toda a diversidade florística e faunística do planeta (MMA, 2011). Desta forma, dadas as dimensões continentais bem como a megadiversidade dessas florestas, torna-se importante estudá-las. Por isso, muitas pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de caracterizar (BARNI et al., 2016), de conservar (REIS et al., 2017) e, quando possível, de manejar as florestas brasileiras (ORELLANA et al., 2017). Nestes ecossistemas florestais, estudos sobre a flora (COSTA et al., 2016; MORANDI et al., 2016; MESSIAS et al., 2017), a fauna (FERREIRA et al., 2016; BENÍCIO & SILVA, 2017; CHAVES et al., 2017) e as suas relações com crescimento econômico e populacional do Brasil (LAVELLE et al., 2016) são alguns dos exemplos. Sob esta ótica, ao relacionar as mudanças ocorridas na cobertura florestal nativa e algumas características socioeconômicas, as questões mais óbvias são: Há realmente relação entre variáveis socioeconômicas e de cobertura florestal? Se há, como analisá-las ao menor custo e maior precisão? É factível, em nível municipal, selecionar uma amostra representativa que possa caracterizar esta possível relação? Qual o método mais adequado de amostragem neste caso?

Sobre a relação entre variáveis socioeconômicas e as mudanças na cobertura florestal, diversos trabalhos (EWERS, 2006; KHAN et al., 2016; ZHANG et al., 2017), demonstraram que, de maneira geral, o desenvolvimento socioeconômico de países (SLOAN & SAYER, 2015), de regiões (RODRIGUES et al., 2009) e até de municípios (LIU et al., 2016) está intimamente atrelado à mudança nas suas coberturas florestais nativas. Indicadores de desenvolvimento socioeconômico, como a renda (GOMES & BRAGA, 2008), o Índice de Gini (PARCERISAS et al., 2012) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (REDO et al., 2012), são tidos como exemplo de variáveis que podem ajudar a explicar o desflorestamento/florestamento de um dado local.

No caso da análise a um menor custo, os processos de amostragem probabilística se mostram adequados para avaliar estas possíveis relações (WANG & TONG, 2008). Nesta situação, uma parte (amostra) de todos os municípios brasileiros (população estatística) é selecionada para esta avaliação (SOM, 1991). Apenas como exemplo, da importância da amostragem probabilística na redução do custo operacional, o censo demográfico brasileiro, apesar de abranger todos os domicílios do país, também utiliza a amostragem em algumas de suas pesquisas. Neste caso, a amostragem utilizada é a estratificada aleatória com uma intensidade amostral fixa (IBGE, 2013). Na literatura, exemplos da utilização de amostragem

probabilística não faltam. Os processos mais comuns, mesmo não sendo específicos para o recorte municipal, são: a aleatória simples (ZHANG et al., 2012; WEST, 2016), a sistemática (D'ORAZIO, 2003; HANSEN et al., 2013), a estratificada aleatória (SALEHI et al., 2010; TOMPPO et al., 2014) e a estratificada sistemática (WANG & TONG, 2008; MARLIANA & RÜHE, 2014). Neste estudo, todos estes métodos de amostragem podem auxiliar na seleção da amostra representativa dos municípios brasileiros para inferir sobre a possível relação entre a mudança na cobertura florestal e as variáveis socioeconômicas.

Um exemplo da tentativa de obter uma amostra municipal representativa foi o de NADER et al. (2008) no Líbano. Neste estudo, aplicado em mais de 700 localidades, um dos objetivos foi entender as relações entre o desenvolvimento socioeconômico e as mudanças em alguns indicadores ambientais, tais como a área de floresta nativa. Os autores, utilizando a amostragem estratificada sistemática, com partilha proporcional ao tamanho, concluíram que 20% dos municípios libaneses representariam bem estas relações. WANG (2011), avaliando a relação entre o desenvolvimento socioeconômico e a degradação ambiental, detectou que 6,6% de todas as observações analisadas (3.020) foram suficientes para representar a relação. Neste trabalho, o autor aplicou a amostragem sistemática em 25 países de quatro continentes, a saber: América, Ásia, Europa e Oceania. Já na Letônia, VANWAMBEKE et al. (2012) utilizaram a amostragem estratificada aleatória e determinaram, empiricamente, que o tamanho da amostra deveria ser de 1,7% da área total estudada (4.735 km<sup>2</sup>). Neste trabalho, um dos objetivos foi detectar quais os indicadores de desenvolvimento socioeconômico foram mais importantes na mudança do uso e da cobertura do solo, entre os anos de 1988 e 2007, na província de Vidzeme região centro-norte do país.

A determinação empírica do tamanho amostral, via conhecimento prévio do objeto de estudo, tal qual ocorreu na pesquisa de VANWAMBEKE et al. (2012), já havia sido considerada um fator importante na melhoria da representatividade amostral por MODE et al. (2002). De certa maneira, a amostragem estratificada já denota este conhecimento (SOM, 1991). A suficiência amostral ou o tamanho amostral representativo, apesar de ser uma informação básica em amostragem, ainda é assunto que causa polêmica e muitas discussões entre os diversos pesquisadores da área. Tanto que, recentemente, BENNETT (2015) fez uma breve discussão sobre a importância da suficiência amostral na definição do desenho experimental a ser utilizado. Exemplificando o quão polêmico é o assunto, CHAURASIA & HAREL (2013) propuseram um procedimento geral para a determinação da amostra representativa, mesmo sabendo que esta pode ter tamanhos diferentes para as diversas áreas do conhecimento. De qualquer forma, critérios como: custo e erro de amostragem desejado, além

da probabilidade do intervalo de confiança, parecem ser menos controversos na definição da suficiência amostral (LI & GOPALAN, 2004; SOM, 1991).

Em situação de restrição orçamentária, o fator custo torna-se preponderante na determinação da amostra mais representativa, de uma dada variável em estudo, que substituiria adequadamente uma operação censitária, por exemplo. Segundo o MPDG (2018), os censos demográficos do Brasil, dos anos 2000 e 2010, custaram ao país R\$ 35.709.094 e R\$1.105.062.045, respectivamente. Neste caso, ao considerar a referida restrição orçamentária, para o censo demográfico, uma pergunta plausível seria: Qual é o mínimo de orçamento necessário para se obter estatísticas precisas e representativas, dos municípios brasileiros, com o uso de amostragem probabilística? Ao buscar a resposta que atenda aos critérios de representatividade e de custo, para caracterizar a relação entre o desflorestamento brasileiro e o seu desenvolvimento socioeconômico, o objetivo principal deste estudo é determinar a amostra mais representativa e de menor custo da renda média mensal e dos índices de Gini e de Desenvolvimento Humano Municipal, de todos os municípios brasileiros nos anos 2000 e 2010.

Como objetivos específicos listam-se:

Determinar o método amostral probabilístico mais adequado que auxilie na caracterização da relação entre o desflorestamento brasileiro, entre 2000 e 2010, e o seu desenvolvimento socioeconômico, representado pela renda média mensal e pelos Índices de Gini e de Desenvolvimento Humano Municipal;

Avaliar a precisão e a suficiência amostral dos métodos de amostragem (aleatória simples e estratificada aleatória) aplicados aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico, representados pela renda média mensal e pelos Índices de Gini e de Desenvolvimento Humano Municipal;

Nortear a definição de planos amostrais, em nível municipal, com o intuito de caracterizar a relação entre o desflorestamento brasileiro, ocorrido entre 2000 e 2010, e o seu desenvolvimento socioeconômico, via renda média mensal e os Índices de Gini e de Desenvolvimento Humano Municipal.

Desta forma, as seguintes hipóteses foram formuladas para guiar o estudo:

É possível selecionar uma amostra representativa e de menor custo dos municípios brasileiros, via amostragem probabilística, que retrate adequadamente a relação entre o desflorestamento brasileiro e o seu desenvolvimento socioeconômico;

A amostragem estratificada aleatória, por região geográfica do Brasil, é a melhor forma de selecionar o conjunto de municípios representativo da relação entre o seu desflorestamento e o desenvolvimento socioeconômico.

Em relação as justificativas para propor este estudo, alguns itens podem ser citados:

O estudo de como os municípios brasileiros podem ser amostrados, na avaliação da relação entre o desflorestamento nestes municípios e o seu desenvolvimento socioeconômico, ocorrido entre os anos 2000 e 2010, poderá acelerar o entendimento do impacto deste desenvolvimento sobre os recursos florestais e diminuir o custo operacional para a obtenção desta informação;

As informações geradas, em um menor tempo e custo (em relação ao censo demográfico), poderão auxiliar na caracterização do grupo de municípios que mais necessita de melhoria dos indicadores socioeconômicos, bem como de investimentos para a revegetação via plantios de espécies nativas.

## **3.2. Material e Métodos**

### **3.2.1. Área de estudo**

A área de estudo (Figura 6), corresponde ao território brasileiro, que abrange uma área aproximada de 8.515.767 km<sup>2</sup>, em que havia 5.507 municípios no ano 2000 e 5.565 municípios em 2010 (IBGE, 2017).

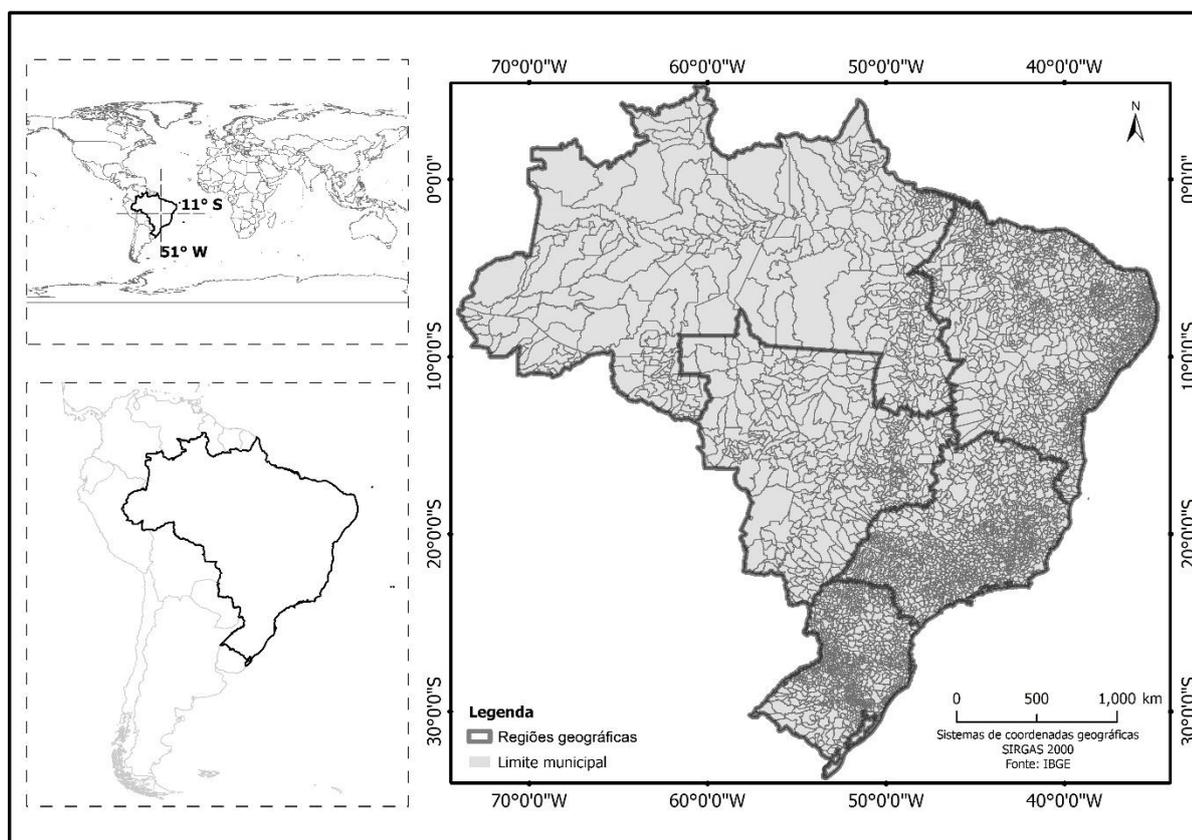


Figura 6: Localização da área de estudo (território brasileiro).

### 3.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem

As variáveis utilizadas, nesta etapa do estudo, foram as que ajudaram a explicar o desflorestamento municipal brasileiro ocorrido entre os anos 2000 e 2010 (1º capítulo). Estas variáveis, separadas por município, foram as seguintes: a) Renda média mensal da população economicamente ativa; b) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e; c) Índice de Gini. A Taxa de lotação animal, também importante na possível explicação do mencionado desflorestamento, não foi incluída neste estudo, pois não há a sua informação para todos os municípios do Brasil, visto que nem todos detém rebanho bovino e/ou área de pastagem plantada. A seguir, será descrita, de forma detalhada, cada variável utilizada neste estudo.

a) Renda média mensal da população economicamente ativa é o rendimento médio mensal, em reais, das pessoas de 10 anos ou mais de idade, residentes em domicílios particulares permanentes na semana de referência especificada no censo demográfico (IBGE, 2017).

b) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), que varia de 0 a 1, é a média geométrica de seus três componentes: IDHM Longevidade, IDHM Educação e IDHM Renda.

O IDHM Longevidade é obtido pela expectativa de vida ao nascer, calculada a partir dos dados censitários. Esse índice mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida, em

determinado município, viveria a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade (PNUD, 2013). O seu valor é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{IDHMLongevidade} = \frac{(\text{valor observado} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

em que: valor máximo = 85 anos e valor mínimo = 25 anos.

O IDHM Educação é obtido a partir de dois indicadores: a escolaridade da população adulta (18 anos ou mais), com ensino fundamental completo, e o fluxo escolar da população jovem. Estes indicadores têm pesos 1 e 2, respectivamente.

O primeiro indicador é obtido diretamente dos dados censitários. Já o segundo, o fluxo escolar da população jovem, é calculado pela média aritmética do percentual de: crianças, de 5 a 6 anos, frequentando a escola; jovens, de 11 a 13 anos, frequentando os anos finais do ensino fundamental; jovens, de 15 a 17 anos, com ensino fundamental completo e; jovens, de 18 a 20 anos, com ensino médio completo.

Considerando-se que as taxas de frequência e de conclusão variam entre 0% e 100% e que os valores mínimo e máximo escolhidos são também 0% e 100%, para “convertê-las” em um índice variando de 0 a 1, divide-se a taxa por 100. Posteriormente, para a obtenção do IDHM Educação calcula-se a média geométrica desses dois índices, com peso 1 para o índice de escolaridade e peso 2 para o índice de fluxo (PNUD, 2013).

O IDHM Renda é obtido pela renda média dos residentes do município. É a soma da renda de todos os residentes, dividida pelo número de pessoas que moram no município, incluindo as crianças e as pessoas sem registro de renda (PNUD, 2013). Para o cálculo do IDHM Renda, aplica-se a fórmula:

$$\text{IDHMRenda} = \frac{\ln(\text{renda per capita municipal}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})}{\ln(\text{valor máximo de referência}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})}$$

em que: ln = logaritmo neperiano; renda *per capita* municipal = renda média dos residentes de um dado município; valor mínimo de referência = R\$ 8,00 (limite adotado para o cálculo do IDH global); valor máximo de referência = R\$ 4.033,00 (valor da menor renda *per capita*, entre os 10% mais ricos, residentes na Unidade Federativa com a maior renda média do país, no período analisado).

c) Índice de Gini é uma medida de desigualdade de uma distribuição estatística qualquer. Neste estudo, o índice de Gini se refere à desigualdade da renda domiciliar *per capita*, dos municípios brasileiros, nos anos 2000 e 2010. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto maior o número, maior a desigualdade (DATASUS, 2017).

### 3.2.3. Análise das variáveis

#### 3.2.3.1. Amostragem probabilística

Os métodos de amostragem aplicados as variáveis foram: amostragem aleatória simples (AAS) e amostragem estratificada aleatória (AEA). Para estes métodos, as intensidades amostrais utilizadas foram: 10%, 20%, 30%, 40% e 50% dos municípios do Brasil. Adicionalmente, estabeleceu-se um intervalo de confiança considerando 5% de significância ( $p < 0,05$ ). Em cada método de amostragem, os procedimentos para a obtenção dos seus estimadores, bem como um breve comentário sobre o método amostral em si, serão descritos a seguir.

Na amostragem aleatória simples, precursora dos demais métodos de amostragem, fez-se o sorteio (procedimento aleatório) dentre os municípios brasileiros que compõem o território nacional. Assim, obteve-se uma amostra para cada uma das intensidades amostrais utilizadas. A partir desta forma de obtenção de amostra, fez-se o cálculo dos seus estimadores, conforme descrito na Tabela 5 (SOM, 1991).

Tabela 5: Fórmulas utilizadas para calcular os estimadores (média, intervalo de confiança e erro amostral) referente à amostragem aleatória simples e uma significância de 5% ( $p < 0,05$ )

|                        |   |
|------------------------|---|
| Média                  | $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$                  |
| Variância              | $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$        |
| Erro padrão da média   | $s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$                      |
| Intervalo de confiança | $IC = \bar{y} \pm 2 \cdot s_{\bar{y}}$                    |
| Erro amostral          | $E(\%) = \frac{(2 \cdot s_{\bar{y}})}{\bar{y}} \cdot 100$ |

Em que:  $i$  é o número de municípios que compõem a amostra;  $y_i$  é a variável de interesse;  $n$  é o tamanho da amostra.

Na amostragem estratificada aleatória, os estratos utilizados foram as regiões geográficas brasileiras (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte), por serem consideradas

um adequado fator estratificador da diversidade socioeconômica dos municípios do Brasil. Em cada estrato, fez-se a seleção dos municípios, conforme descrito na amostragem aleatória. Entretanto, na obtenção dos estimadores, os cálculos seguiram a descrição contida na Tabela 6 (SOM, 1991).

Tabela 6: Fórmulas utilizadas para calcular os estimadores (média, intervalo de confiança e erro amostral) referente à amostragem estratificada aleatória e uma significância de 5% ( $p < 0,05$ )

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Tamanho da população             | $N = \sum_{h=1}^L N_h$  |
| Total do estrato                 | $Y_h = \sum_{i=1}^{N_h} Y_{hi}$   |
| Média do estrato                 | $\bar{Y}_h = \frac{Y_h}{N_h}$   |
| Variância do estrato             | $\sigma_h^2 = \frac{1}{N_h} \sum_{i=1}^{N_h} (Y_{hi} - \bar{Y}_h)^2$              |
| Partilha proporcional ao tamanho | $W_h = \frac{N_h}{N}$   |
| Total populacional               | $Y = \sum_{h=1}^L Y_h$  |
| Média populacional               | $\bar{Y} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{Y}_h$                                      |
| Variância populacional           | $\sigma^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} (Y_{hi} - \bar{Y})^2$ |
| Variância da média populacional  | $\sigma_{\bar{Y}}^2 = \frac{\sigma^2}{N_h}$                                       |
| Intervalo de confiança           | $IC = \bar{Y} \pm 2 \cdot \sqrt{\sigma_{\bar{Y}}^2}$                              |
| Erro amostral                    | $E(\%) = \frac{(2 \cdot \sqrt{\sigma_{\bar{Y}}^2})}{\bar{Y}} \cdot 100$           |

Em que: N é o tamanho da população; L é o número de estratos; h é o estrato;  $N_h$  é o número de municípios no estrato h.

### 3.2.3.2. Custo da amostragem

Para este estudo, e por não haver a informação do custo censitário de cada município brasileiro, considerou-se que este valor foi o mesmo para todos os municípios do país. A sua obtenção foi a partir da razão entre o custo total e o número de municípios. Assim, as amostras de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, representam uma redução de 90%, 80%, 70%, 60% e 50%, respectivamente, do custo do censo demográfico do Brasil.

### 3.2.3.3. Simulação

Como forma de minimizar um possível viés de seleção, os valores calculados para os estimadores, descritos na seção 3.2.3.1, foram obtidos a partir de 1.000 reamostragens, com reposição, na população-alvo (todos os municípios brasileiros). Assim, cada estimador (média, intervalo de confiança e erro amostral) possui 1.000 diferentes valores para cada amostra e método amostral.

Para demonstrar a distribuição dos dados, oriundos das reamostragens, foram elaborados gráficos de dispersão entre a densidade probabilística empírica e as médias das variáveis em estudo (Renda, IDHM e Gini), para os diferentes tamanhos amostrais e anos considerados. Adicionalmente, com vistas a avaliar a representatividade e a precisão de cada amostra em relação à população, aplicou-se aos dados a Análise de Variância (Tabela 7). Esta análise foi precedida dos testes Komolgorov-Smirnov, de aderência dos dados à curva gaussiana, e Levene, de homogeneidade da variância ( $p < 0,05$ ). Os resultados de representatividade e de precisão amostrais foram apresentados em gráficos de caixa (*boxplot*).

Tabela 7: Resumo da Análise de Variância utilizada, segundo a fonte de variação, o grau de liberdade, a soma de quadrado, o quadrado médio, bem como o teste F ( $p < 0,05$ )

| Fonte de variação | Grau de liberdade (GL) | SQ | QM | Teste F |
|-------------------|------------------------|----|----|---------|
| Tratamento (t)    | t - 1                  |    |    |         |
| Resíduo           | n - t                  |    |    |         |
| Total             | n - 1                  |    |    |         |

Em que: t é o tamanho da amostra ou a intensidade amostral utilizada; n é o número de municípios avaliados; SQ é a soma de quadrado; QM é o quadrado médio (SQ/GL).

Com o propósito de identificar o método amostral mais adequado, de forma complementar à avaliação da representatividade e da precisão amostrais, fez-se a comparação entre os estimadores das amostragens aleatória simples e estratificada aleatória. Os estimadores considerados foram a média e o intervalo de confiança ( $p < 0,05$ ). Os critérios utilizados para essa identificação foram: a) média amostral mais próxima da populacional e b) menor intervalo de confiança. O resultado desta análise foi apresentado na forma tabular. Toda a análise foi efetuada no aplicativo SAS 9.3, mas os gráficos foram elaborados em ambiente R.

### 3.3. Resultados e discussão

A distribuição dos dados, referente à Renda média mensal e aos Índices de Gini e de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), seguem o padrão de uma curva gaussiana (SIT & POULIN-COSTELLO, 1994), independentemente dos métodos amostrais, das regiões geográficas (estrato) e dos anos considerados (Figuras 7, 8, 9 e 10). Além disso, este padrão se torna mais evidente com o aumento da amostra, o que confirma de certa maneira o Teorema Central do Limite (SOM, 1991).

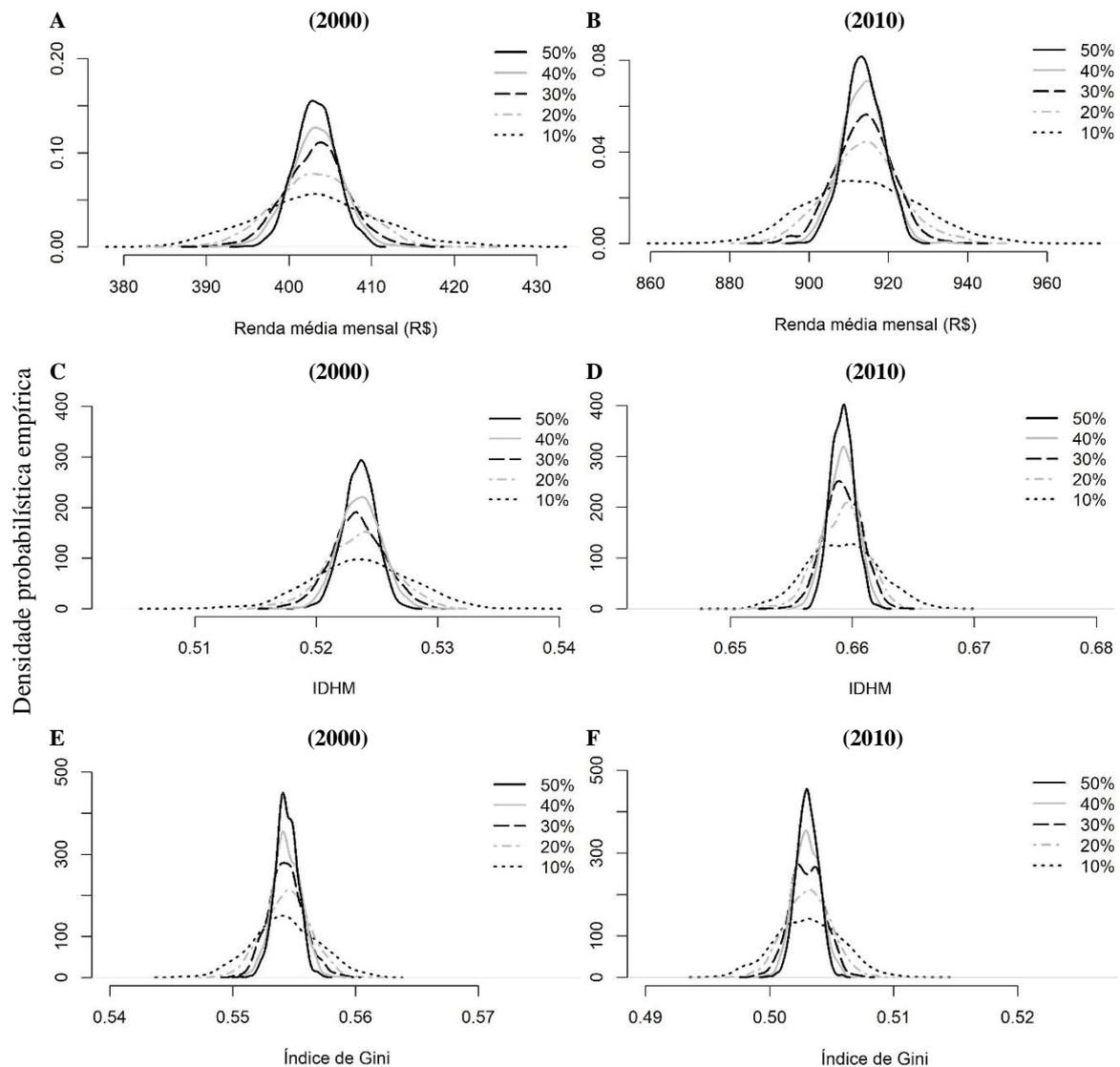


Figura 7. Densidade probabilística empírica em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem aleatória simples. Os dados referem-se a Renda média mensal (R\$), ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e ao Índice de Gini, dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E) e 2010 (B, D, F).

As curvas obtidas, a partir das amostragens aleatória simples (Figura 7) e estratificada aleatória (Figuras 8, 9 e 10), possuem de fato uma forma similar.

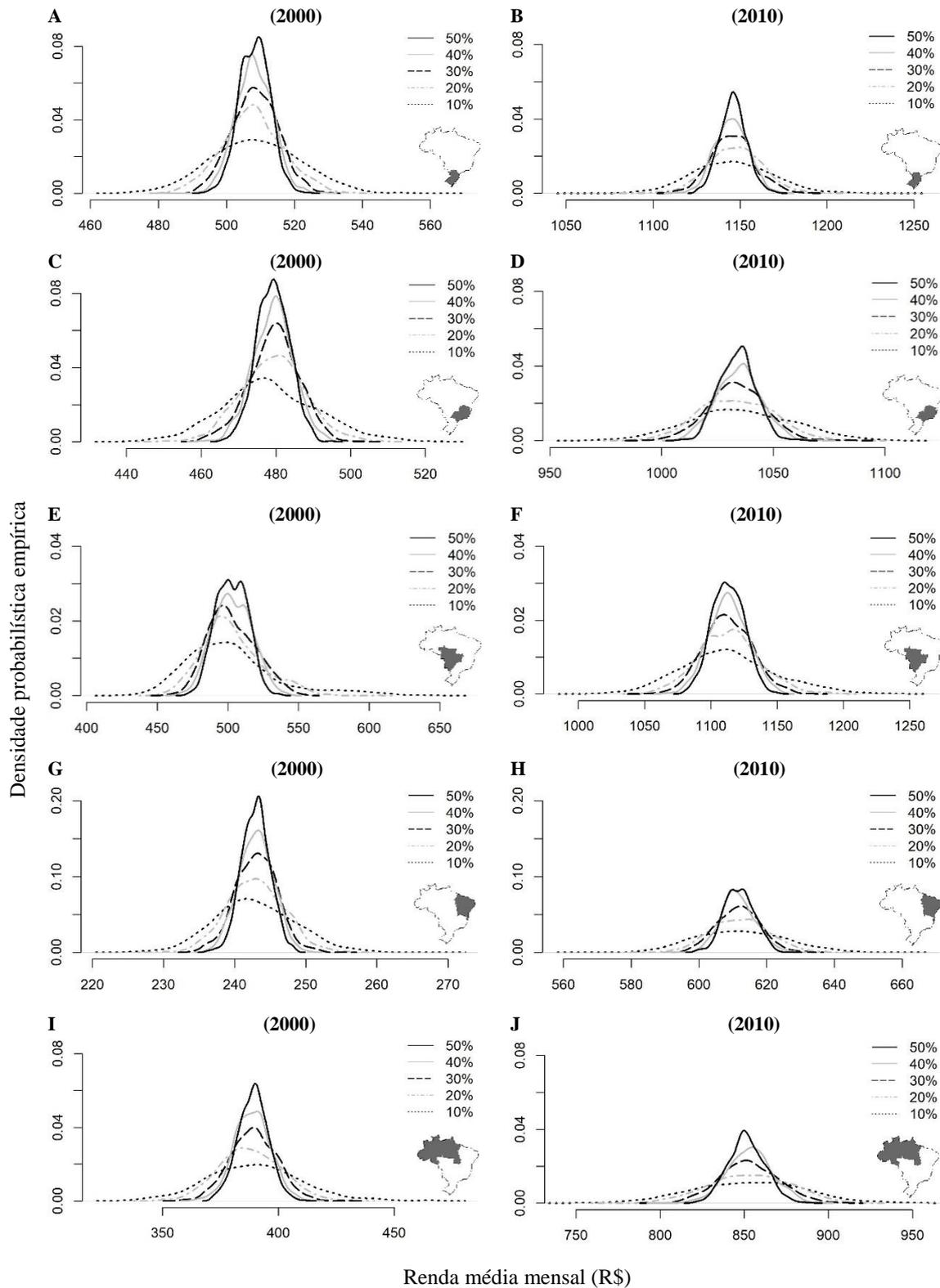
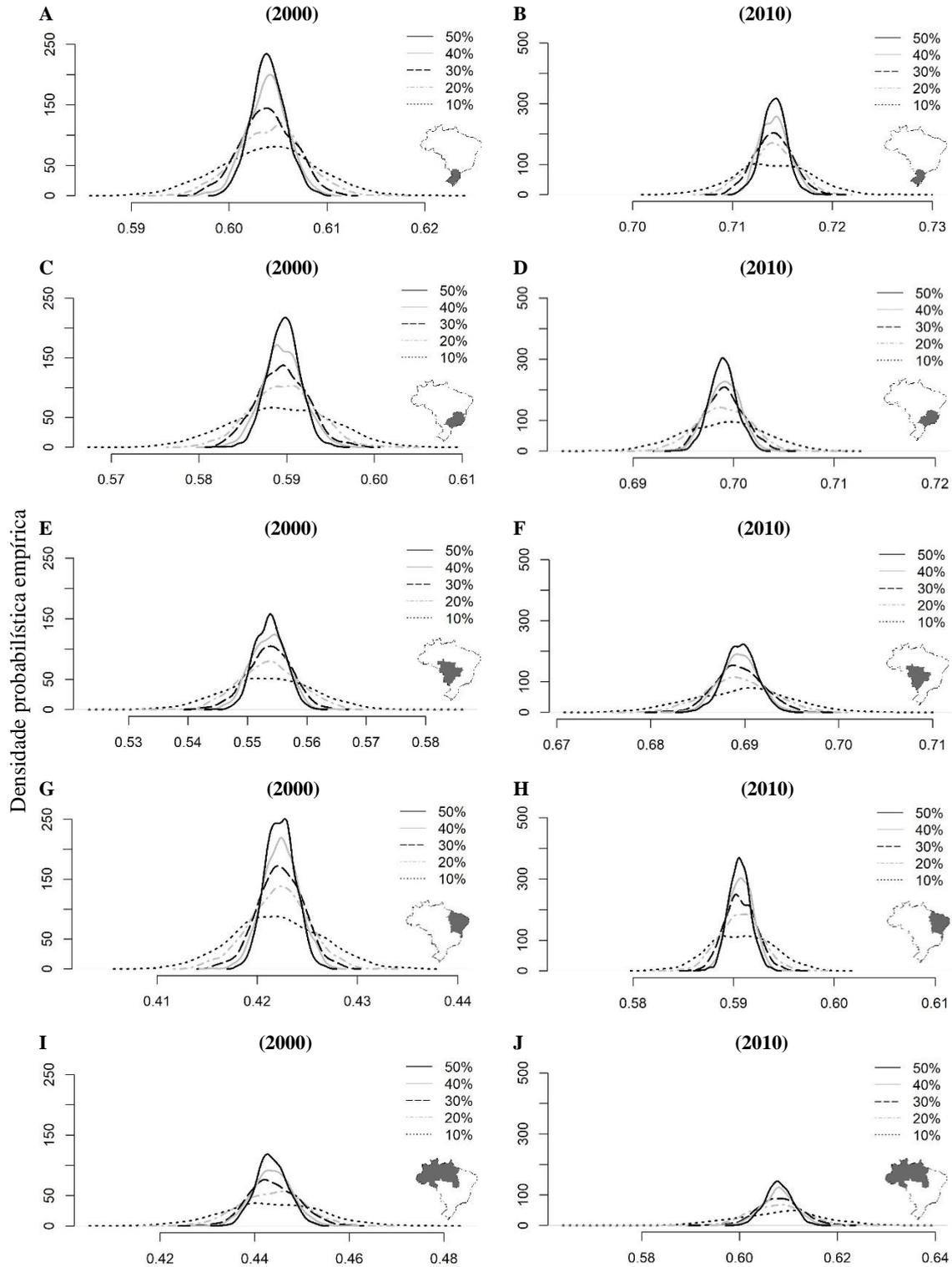


Figura 8. Densidade probabilística empírica em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada aleatória por região geográfica: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se a Renda média mensal (R\$), dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J).



### Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

Figura 9. Densidade probabilística empírica em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada aleatória por região geográfica: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J).

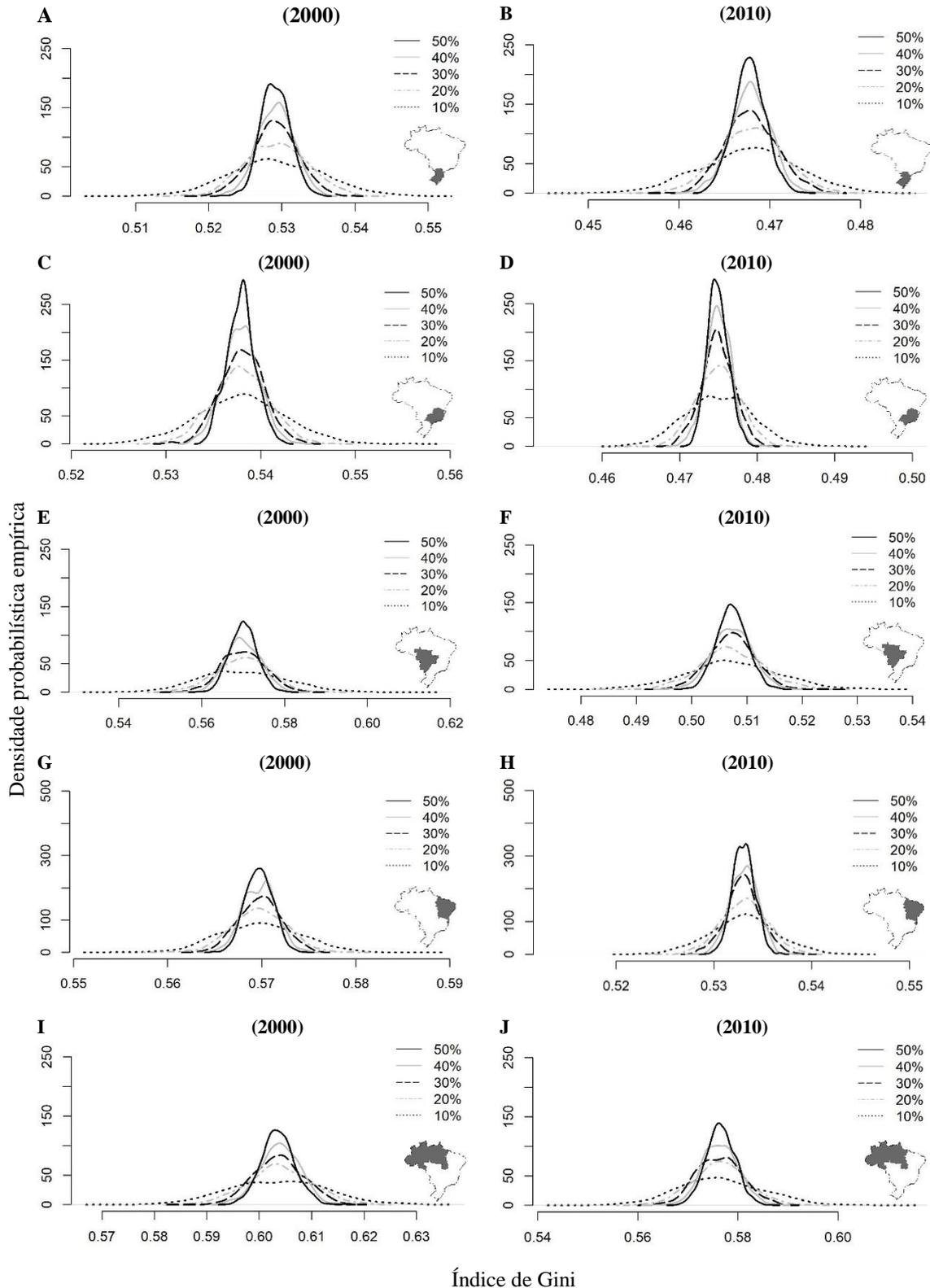


Figura 10. Densidade probabilística empírica em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada aleatória por região geográfica: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se ao Índice de Gini, dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J).

Ao observar de forma minuciosa estas mesmas curvas (Figuras 7 a 10), percebe-se diferenças sutis que parecem retratar a heterogeneidade socioeconômica do Brasil. De maneira

geral, as amostras obtidas pelo método aleatório subestimam os valores da Renda e do IDHM nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e superestimam nas regiões Nordeste e Norte, quando comparado ao método estratificado. Ao contrário, para o índice de Gini, há a superestimação nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e subestimação no Nordeste e no Norte. Uma outra informação, possível de ser verificada nas referidas figuras, são as diferenças regionais entre o Centro-sul e o Norte-nordeste do país. O primeiro, detém os maiores valores de Renda e de IDHM e os menores de Gini, fato que lhe confere maior desenvolvimento e menor desigualdade de renda em relação às regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Para as cinco regiões geográficas do país, entre os anos 2000 e 2010, a Renda e o IDHM aumentaram enquanto o Gini diminuiu (Figuras 8, 9 e 10). Além disso, de maneira geral, a amplitude entre os valores máximo e mínimo, observado no eixo das abscissas destas figuras, é menor em 2010 do que no ano 2000, o que parece demonstrar uma distribuição mais homogênea nos valores de cada uma das variáveis. Esta distribuição menos desigual é mais evidente no Nordeste (Figuras 8, 9, 10, letras G e H), considerada a região com os piores indicadores de desenvolvimento socioeconômico do Brasil (REIS, 2014; ROUGIER et. al., 2018). Apesar de, na última década, ter ocorrido uma suposta melhoria na qualidade de vida da população brasileira, notadamente a que vive na região nordeste, o Brasil ainda é um dos países com maiores desigualdades sociais do mundo (ZHU et al., 2018). Este fato demonstra a importância de ações governamentais que visem, além da melhoria na qualidade de vida da população, a minimização das diferenças sociais, explicitadas neste estudo, pela heterogeneidade regional.

Todas as constatações, verificadas a partir das informações contidas nas Figuras 8 a 10, refletem, em parte: a) as melhores condições de vida da população brasileira que vive no Centro-sul em comparação às que vivem no Nordeste e no Norte do país e; b) a melhoria nos indicadores de desenvolvimento socioeconômico na década passada (IBGE, 2017). Entretanto, para este estudo, mais importante do que isso, os resultados demonstraram que as amostras obtidas pelo método estratificado aleatório, por região geográfica, retratam melhor a heterogeneidade socioeconômica do Brasil e podem ser úteis na caracterização da relação entre o desflorestamento municipal e o seu desenvolvimento econômico e social. Isto é possível, pois a Renda, o IDHM e o Gini, foram algumas das variáveis importantes para explicar o desflorestamento brasileiro ocorrido entre os anos 2000 e 2010 (Capítulo 1).

Quanto a representatividade e a precisão amostrais, para Renda média mensal, IDHM e Gini, constatou-se não haver diferenças entre a média, de cada uma das amostras, em relação a

média populacional (Figuras 11, 12, 13 e 14), independentemente do método de amostragem considerado: aleatório simples (Figura 11) ou estratificado aleatório (Figuras 12, 13 e 14).

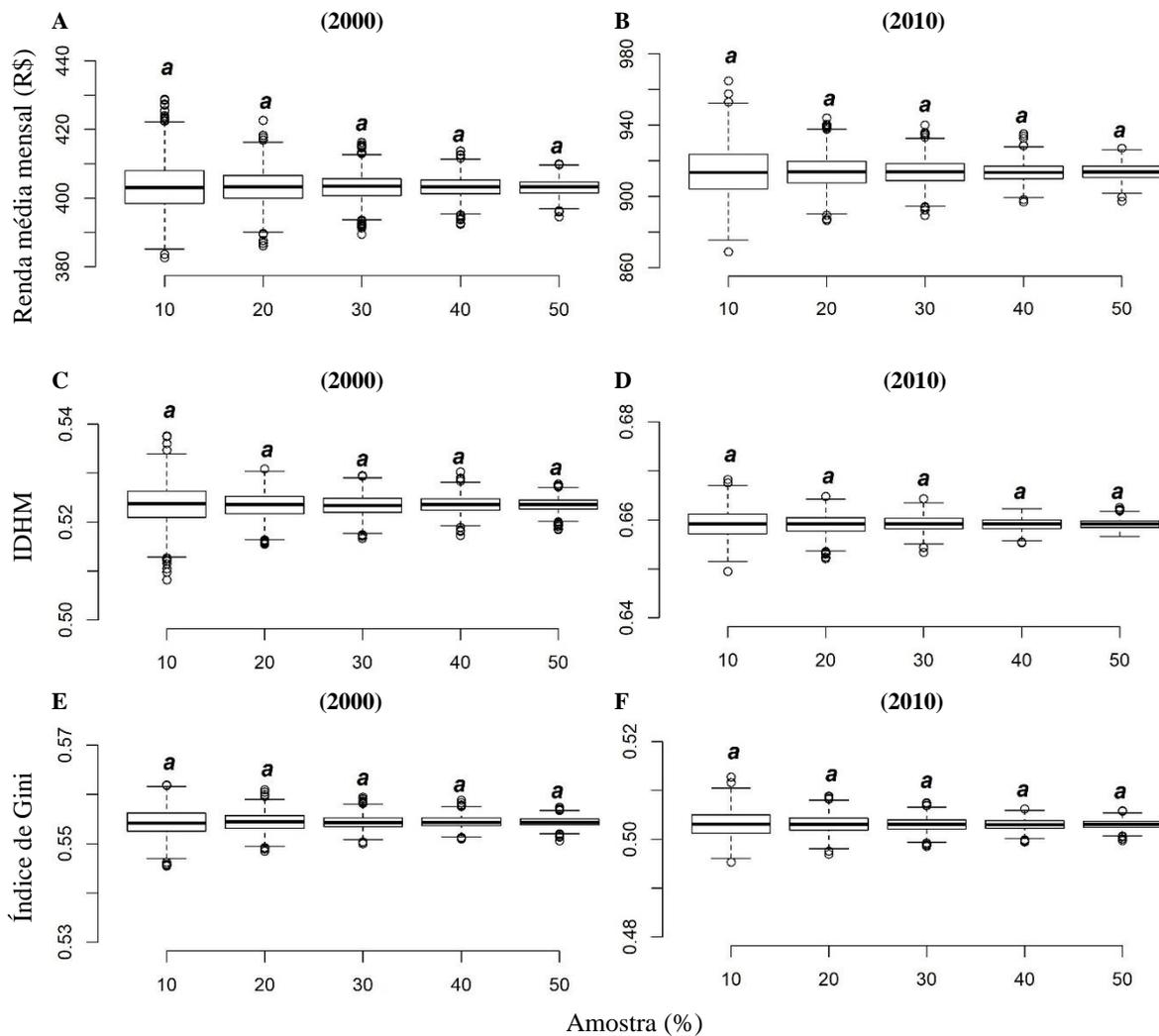


Figura 11. Distribuição dos dados em função da amostra, segundo a amostragem aleatória simples. Os dados referem-se a Renda média mensal (R\$), ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e ao Índice de Gini, dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J). As médias, nos gráficos de caixa seguidos da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

O resultado, referente à representatividade e à precisão amostrais, foi, pelo menos em parte, subsidiado pela distribuição simétrica dos dados que, em conformidade às curvas de densidade probabilística empírica (Figuras 7 à 10), se assemelham à distribuição de Laplace-Gauss (SOM, 1991). Assim, as médias amostrais representam adequadamente o conjunto de dados analisados, sendo possível, neste caso, utilizá-las como critério de seleção da amostra representativa e precisa da população.

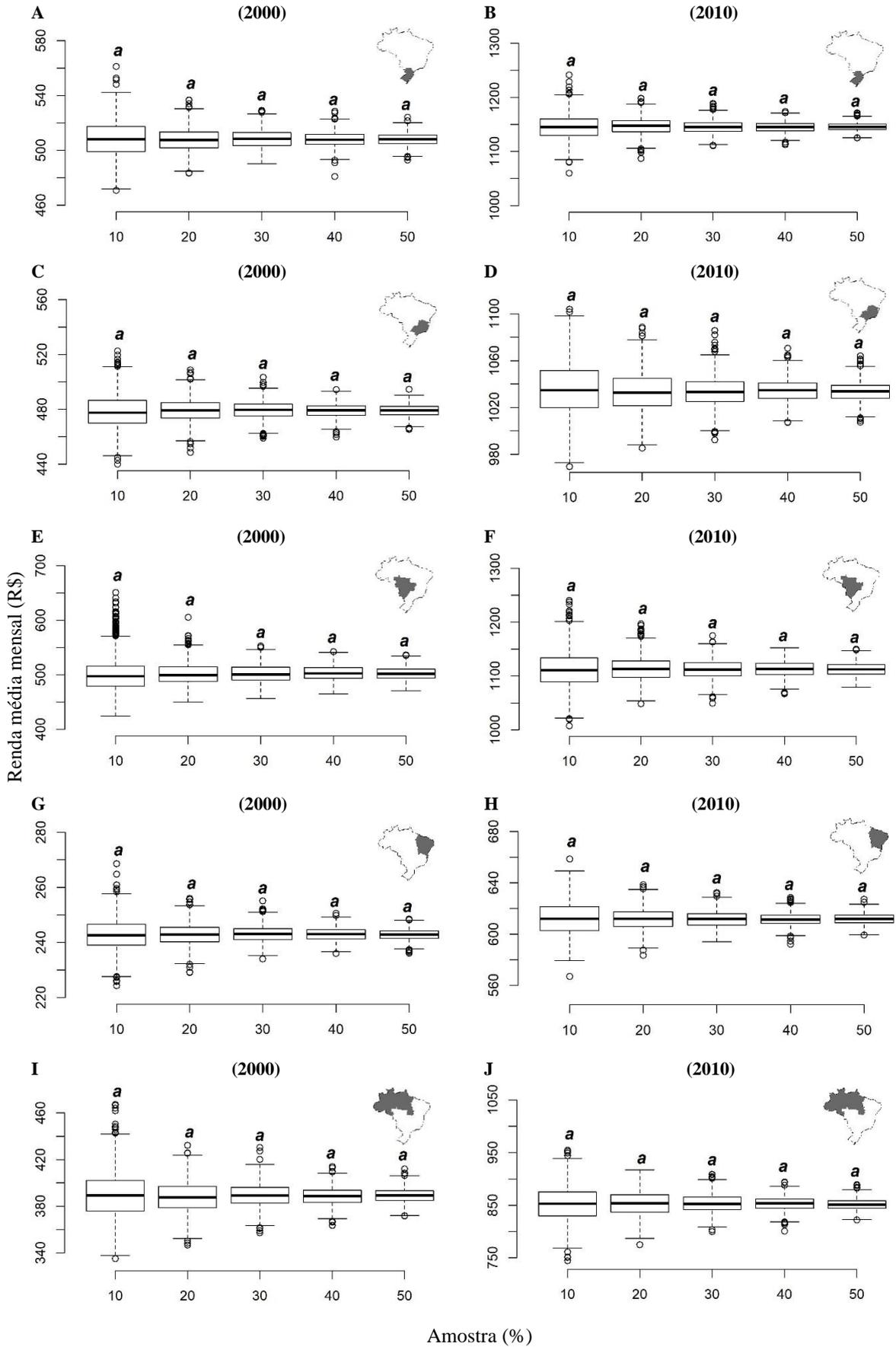


Figura 12. Distribuição dos dados em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada por região: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se a Renda média mensal (R\$), dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J). As médias, nos gráficos de caixa seguidos da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

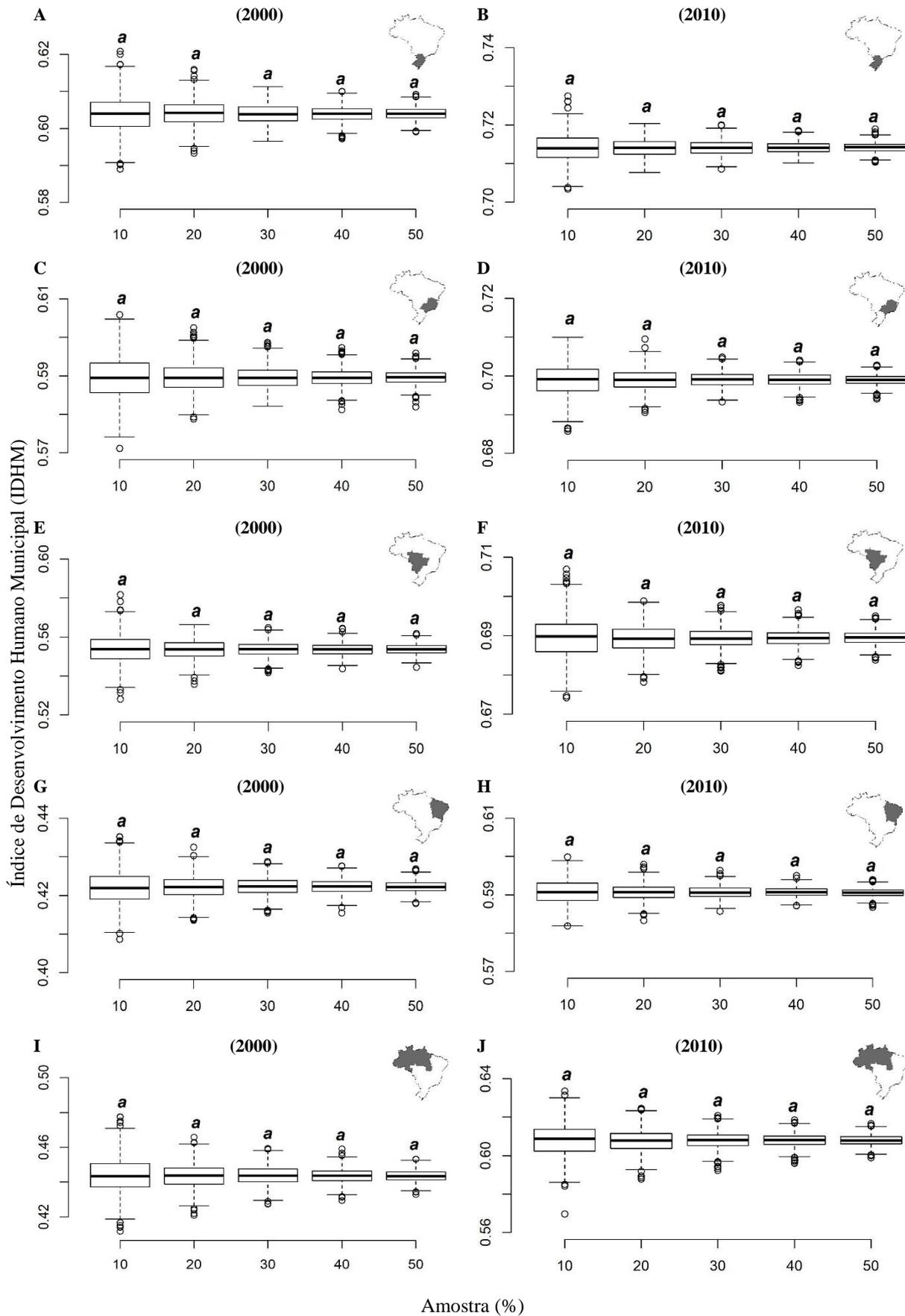


Figura 13. Distribuição dos dados em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada aleatória por região geográfica: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J). As médias, nos gráficos de caixa seguidos da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

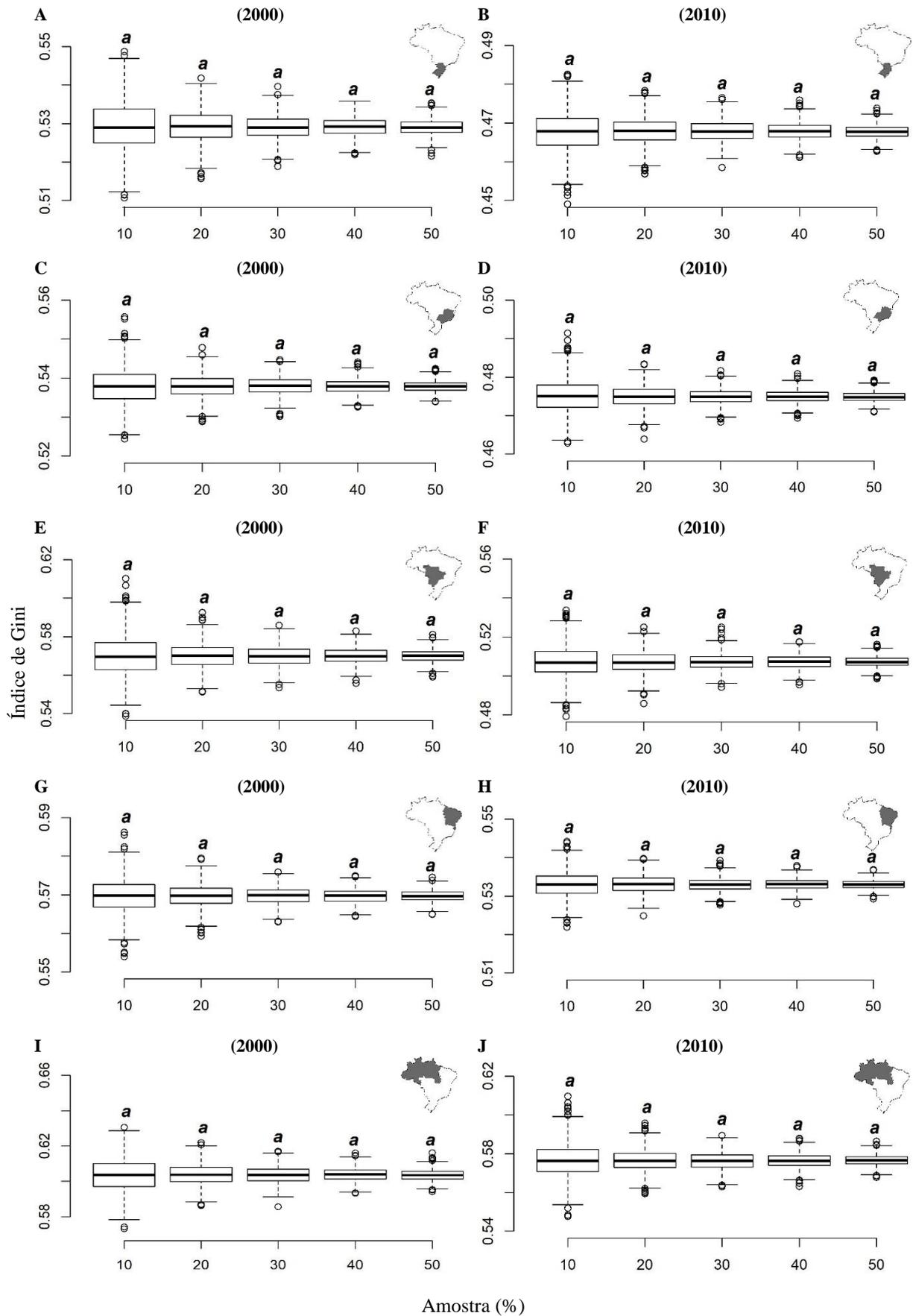


Figura 14. Distribuição dos dados em função da amostra (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), segundo a amostragem estratificada aleatória por região geográfica: Sul (A e B), Sudeste (C e D), Centro-oeste (E e F), Nordeste (G e H) e Norte (I e J). Os dados referem-se ao Índice de Gini, dos municípios brasileiros, referente aos anos 2000 (A, C, E, G e I) e 2010 (B, D, F, H e J). As médias, nos gráficos de caixa seguidos da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

Os resultados, acerca da representatividade e da precisão amostrais, indicam que 10%, dos municípios brasileiros, representariam adequadamente as informações da Renda média mensal, da população economicamente ativa, e dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal e de Gini. Assim, de acordo com os critérios do custo de amostragem, adotados neste estudo, a economia em substituir a operação censitária pela amostral seria de 90% ou, aproximadamente, 1 bilhão de reais se considerarmos o custo do censo demográfico brasileiro de 2010.

De forma complementar à avaliação da representatividade e da precisão amostrais, procurou-se identificar o método de amostragem probabilístico mais adequado para este estudo. Os resultados indicaram que, de maneira geral, a amostragem estratificada aleatória foi mais adequada do que a amostragem aleatória simples, pois apresentou a média amostral mais próxima da populacional com o menor intervalo de confiança (Tabela 8). Esta constatação foi mais evidente nas menores amostras analisadas (10%, 20% e 30%) para a variável Renda. Ao contrário, para os índices IDHM e Gini, não parece haver diferença entre os métodos amostrais analisados (Tabela 8).

Tabela 8: Médias populacional ( $\mu$ ) e amostral ( $\bar{y}$ ), intervalo de confiança (IC) e erro amostral relativo (E%), segundo os métodos amostrais aleatório simples e estratificado aleatório ( $p < 0,05$ ). Os dados referem-se à Renda média mensal da população economicamente ativa (Renda) e aos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e de Gini (Gini), dos municípios brasileiros em 2000 ( $N = 5.507$ ) e em 2010 ( $N = 5.565$ ), considerando os seguintes tamanhos amostras ( $n$ ): 10% (551 e 557), 20% (1.102 e 1.113), 30% (1.653 e 1.670), 40% (2.203 e 2.226) e 50% (2.754 e 2.782)

|          |       | ----- 2000 ----- |       |           |             |     |           |             |     |       | ----- 2010 -----    |       |           |             |     |           |             |     |  |
|----------|-------|------------------|-------|-----------|-------------|-----|-----------|-------------|-----|-------|---------------------|-------|-----------|-------------|-----|-----------|-------------|-----|--|
|          |       | População        |       |           |             |     |           |             |     |       | População           |       |           |             |     |           |             |     |  |
|          |       | Método amostral  |       |           |             |     |           |             |     |       | Método amostral     |       |           |             |     |           |             |     |  |
|          |       | -- Aleatório --  |       |           |             |     |           |             |     |       | -- Estratificado -- |       |           |             |     |           |             |     |  |
| Variável | N     | $\mu$            | n     | $\bar{y}$ | IC          | E%  | $\bar{y}$ | IC          | E%  | N     | $\mu$               | n     | $\bar{y}$ | IC          | E%  | $\bar{y}$ | IC          | E%  |  |
| Renda    | 5.507 | 403,2            | 551   | 401,1     | $\pm 5,6$   | 1,4 | 394,5     | $\pm 14,7$  | 3,7 | 5.565 | 913,7               | 557   | 916,6     | $\pm 27,6$  | 3,0 | 906,0     | $\pm 27,9$  | 3,1 |  |
|          |       |                  | 1.102 | 390,2     | $\pm 0,7$   | 0,2 | 398,3     | $\pm 10,8$  | 2,7 |       |                     | 1.113 | 925,6     | $\pm 20,6$  | 2,2 | 911,7     | $\pm 19,7$  | 2,2 |  |
|          |       |                  | 1.653 | 398,0     | $\pm 9,5$   | 2,4 | 404,2     | $\pm 8,7$   | 2,2 |       |                     | 1.670 | 925,4     | $\pm 16,5$  | 1,8 | 912,7     | $\pm 16,1$  | 1,8 |  |
|          |       |                  | 2.203 | 403,3     | $\pm 7,6$   | 1,9 | 398,5     | $\pm 8,2$   | 2,1 |       |                     | 2.226 | 915,2     | $\pm 14,5$  | 1,6 | 917,8     | $\pm 14,4$  | 1,6 |  |
|          |       |                  | 2.754 | 403,7     | $\pm 7,2$   | 1,8 | 404,7     | $\pm 7,3$   | 1,8 |       |                     | 2.782 | 914,7     | $\pm 13,0$  | 1,4 | 914,7     | $\pm 13,0$  | 1,4 |  |
| IDHM     | 5.507 | 0,52             | 551   | 0,53      | $\pm 0,009$ | 1,7 | 0,53      | $\pm 0,009$ | 1,7 | 5.565 | 0,66                | 557   | 0,66      | $\pm 0,006$ | 0,9 | 0,66      | $\pm 0,006$ | 0,9 |  |
|          |       |                  | 1.102 | 0,52      | $\pm 0,006$ | 1,2 | 0,53      | $\pm 0,006$ | 1,1 |       |                     | 1.113 | 0,66      | $\pm 0,004$ | 0,6 | 0,66      | $\pm 0,004$ | 0,6 |  |
|          |       |                  | 1.653 | 0,52      | $\pm 0,005$ | 1,0 | 0,52      | $\pm 0,005$ | 1,0 |       |                     | 1.670 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 |  |
|          |       |                  | 2.203 | 0,52      | $\pm 0,004$ | 0,8 | 0,52      | $\pm 0,004$ | 0,8 |       |                     | 2.226 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 |  |
|          |       |                  | 2.754 | 0,52      | $\pm 0,004$ | 0,8 | 0,52      | $\pm 0,004$ | 0,8 |       |                     | 2.782 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,66      | $\pm 0,003$ | 0,5 |  |
| Gini     | 5.507 | 0,55             | 551   | 0,56      | $\pm 0,006$ | 1,1 | 0,55      | $\pm 0,006$ | 1,1 | 5.565 | 0,50                | 557   | 0,50      | $\pm 0,006$ | 1,2 | 0,50      | $\pm 0,006$ | 1,2 |  |
|          |       |                  | 1.102 | 0,56      | $\pm 0,004$ | 0,7 | 0,56      | $\pm 0,004$ | 0,7 |       |                     | 1.113 | 0,50      | $\pm 0,004$ | 0,8 | 0,51      | $\pm 0,004$ | 0,8 |  |
|          |       |                  | 1.653 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 |       |                     | 1.670 | 0,50      | $\pm 0,003$ | 0,6 | 0,50      | $\pm 0,003$ | 0,6 |  |
|          |       |                  | 2.203 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 |       |                     | 2.226 | 0,50      | $\pm 0,003$ | 0,6 | 0,50      | $\pm 0,003$ | 0,6 |  |
|          |       |                  | 2.754 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 | 0,55      | $\pm 0,003$ | 0,5 |       |                     | 2.782 | 0,50      | $\pm 0,002$ | 0,4 | 0,50      | $\pm 0,002$ | 0,4 |  |

Dentre os indicadores de desenvolvimento socioeconômico, considerados neste estudo, o de maior variabilidade foi a Renda média mensal da população economicamente ativa. Esta característica de heterogeneidade, parece ter refletido nos resultados obtidos, para as amostragens analisadas, quando a estratificação propiciou maior representatividade amostral em relação à aleatorização (Tabela 8 - Renda). De maneira oposta, ao analisar os indicadores de desenvolvimento mais homogêneos, como os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal e de Gini, a estratificação não produziu estimativas (média e intervalo de confiança) diferentes da aleatorização (Tabela 8 – IDHM e Gini). Assim, para amostrar os municípios brasileiros, com vistas a obtenção dos valores de IDHM e de Gini, tanto o método aleatório quanto o estratificado produz resultados similares. Já para obter a Renda média mensal da população economicamente ativa, há a necessidade da estratificação, que, se for por região geográfica, produz resultados satisfatórios em relação a representatividade amostral considerada neste estudo.

Em estudos similares, aplicados em diferentes regiões do mundo, os resultados obtidos nesta pesquisa não parecem diferir consideravelmente em relação ao método e ao tamanho amostrais recomendados. Por exemplo, na Espanha, em um estudo de caso aplicado em 19% do seu território, SOLIÑO et al. (2018) avaliaram o efeito da diminuição da atividade florestal, de extração de resina de *Pinus pinaster* Aiton, na qualidade de vida da população local. Neste trabalho, os pesquisadores, utilizando amostragem estratificada aleatória, com partilha proporcional, precisaram de tamanhos amostrais que variaram entre 4 e 20% da área total do estudo. Na Índia, BADOLA et al. (2012), utilizando o mesmo método amostral, com o objetivo de analisar a relação entre conservação e utilização econômica das florestas de mangue pela população local, a amostra representativa foi de 10% de todas as comunidades analisadas. Em uma área de estudo maior, que abrange parcialmente as florestas boreais da Suécia, da Bielorrússia, da Letônia e do noroeste da Rússia, NAUMOV et al. (2018), objetivando propor uma exploração florestal aliada a conservação da sua biodiversidade, estabeleceram uma amostra de 25% via amostragem aleatória simples com intensidade amostral fixa.

Evidentemente que, com esta pesquisa, não se pretende indicar a substituição do censo demográfico do Brasil pela coleta de dados via amostragem probabilística. O censo demográfico brasileiro, assim como o agropecuário, tem papel fundamental na caracterização socioeconômica do país (GOLGHER et al., 2011; GUANZIROLI et al., 2013; MIRANDA, 2015) e subsidia políticas públicas indispensáveis à federação (GONÇALVES BRASIL et al., 2017), aos estados (SOUZA et al., 2018) e aos municípios (MF, 2016). Ao contrário, o intuito neste trabalho, é identificar o método e o tamanho amostrais que representem precisamente a Renda, o IDHM e o Índice de Gini, variáveis explicativas importantes para entender o fenômeno do desflorestamento brasileiro ocorrido na última década (Capítulo 1). Além disso, na presente pesquisa, considerou-se a atual situação de dificuldade financeira do governo brasileiro (STONA et al., 2018). Neste caso, poderia ocorrer a redução do repasse de recursos às operações censitárias.

### **3.4. Conclusões**

A característica fundamental deste estudo é ser exploratória, apesar disso, duas hipóteses básicas nortearam a sua execução. A primeira é que o desflorestamento brasileiro, entre os anos 2000 e 2010, esteve ligado ao que ocorreu com a Renda média mensal e com os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e de Gini (Capítulo 1). A segunda, é que estes indicadores de desenvolvimento socioeconômico podem ser precisamente obtidos por métodos de amostragem probabilística.

Todas as amostras analisadas representaram adequadamente as informações censitárias da Renda média mensal, do IDHM e do Índice de Gini. Assim, a menor amostra considerada e, conseqüentemente, a menos onerosa foi representativa dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico em estudo. Isto implica que uma amostra, 10 vezes menor do que todo o território brasileiro, produz resultados similares aos do censo. Ademais, esta mesma amostra poderia reduzir o custo da operação censitária em 90%, se considerarmos o que foi investido no censo demográfico brasileiro de 2010.

O método de amostragem probabilística mais adequado para a obtenção das amostras representativas, dos municípios brasileiros, variou em função do indicador de desenvolvimento considerado. Para a Renda, a amostragem indicada foi a estratificada aleatória por região geográfica. Já para o IDHM e para o Gini, tanto a amostragem aleatória simples, quanto a estratificada, foram indicadas. Estes resultados parecem refletir as características de variabilidade dos indicadores, visto que a Renda média mensal, dos municípios do Brasil, possui uma heterogeneidade superior ao dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal e do Gini.

Os resultados deste estudo evidenciam a importância da pesquisa aplicada no campo da amostragem e da simulação, visto que foi possível detectar a distribuição probabilística, o método amostral, bem como a amostra representativa dos indicadores, de desenvolvimento socioeconômico, que ajudaram a explicar o desflorestamento brasileiro ocorrido entre os anos de 2000 e de 2010. Período este, de profundas transformações políticas, econômicas e sociais no Brasil.

## Referências

BADOLA, R.; BARTHWAL, S.; HUSSAIN, S. A. Attitudes of local communities towards conservation of mangrove forests: A case study from the east coast of India. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 96, n. 1, p. 188–196, 2012.

BARNI, P. E. et al. Spatial distribution of forest biomass in Brazil's state of Roraima, northern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 377, p. 170–181, 2016.

BENÍCIO, R. A.; SILVA, F. R. DA. Amphibians of Vassununga State Park, one of the last remnants of semideciduous Atlantic Forest and Cerrado in northeastern São Paulo state, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 1, p. 1–7, 2017.

BENNETT, K. A. Using a discussion about scientific controversy to teach central concepts in experimental design. **Teaching Statistics**, v. 37, n. 3, p. 71–77, 2015.

CHAURASIA, A.; HAREL, O. Model selection rates of information based criteria. **Electronic Journal of Statistics**, v. 7, n. 1, p. 2762–2793, 2013.

CHAVES, W. A.; SIEVING, K. E.; FLETCHER, R. J. Avian responses to reduced-impact logging in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 147–156, 2017.

COSTA, A. C. DE M.; MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Raunkiaerian life-forms in the Atlantic forest and comparisons of life-form spectra among Brazilian main biomes. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 39, n. 3, p. 833–844, 2016.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – DATASUS. Índice de Gini da renda domiciliar *per capita*. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>>. Acesso em 06 dez. 2017.

D’ORAZIO, M. Estimating the variance of the sample mean in two-dimensional systematic sampling. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, v. 8, n. 3, p. 280–295, 2003.

EWERS, R. M. Interaction effects between economic development and forest cover determine deforestation rates. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 2, p. 161–169, 2006.

FERREIRA, M. S. et al. Seasonal dynamics with compensatory effects regulate populations of tropical forest marsupials: a 16-year study. **Oecologia**, v. 182, n. 4, p. 1095–1106, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Global Forest Resources Assessment 2010. FAO FORESTRY PAPER 163, Roma, Itália, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>

GOLGHER, A. B.; DE FIGUEIREDO, L.; SANTOLIN, R. Migration and economic growth in Brazil: Empirical applications based on the solow-swan model. **Developing Economies**, v. 49, n. 2, p. 148–170, 2011.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. Desenvolvimento econômico e Desmatamento na Amazônia Legal: Uma Análise Econométrica. [s.l.] Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 1 jul. 2008. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org/RePEc:ags:sbrfsr:103095>>. Acesso em: 13 out. 2015.

GONÇALVES BRASIL, F.; DE MATTOS E SILVA, I. H.; ZAMBELLO, A. V. The Effects of Policy Change on Brazil's Public Higher Education System. **Latin American Policy**, v. 8, n. 2, p. 313–331, 2017.

GUANZIROLI, C.; BUAINAIN, A.; SABBATO, A. Family farming in Brazil: Evolution between the 1996 and 2006 agricultural censuses. **Journal of Peasant Studies**, v. 40, n. 5, p. 817–843, 2013.

HANSEN, H.; KLEJNSTRUP, N. R.; ANDERSEN, O. W. A Comparison of Model-Based and Design-Based Impact Evaluations of Interventions in Developing Countries. **American Journal of Evaluation**, v. 34, n. 3, p. 320–338, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro, IBGE, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=264529>>. Acesso em 24 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA). Censo demográfico 2000 e 2010. 2017. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 20 mar. 2017.

KHAN, S. A. R.; ZAMAN, K.; ZHANG, Y. The relationship between energy-resource depletion, climate change, health resources and the environmental Kuznets curve: Evidence from the panel of selected developed countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 468–477, 2016.

LAVELLE, P. et al. Unsustainable landscapes of deforested Amazonia: An analysis of the relationships among landscapes and the social, economic and environmental profiles of farms at different ages following deforestation. **Global Environmental Change**, v. 40, p. 137–155, 2016.

LI, Y.; GOPALAN, R. P. Effective Sampling for Mining Association Rules. **Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence**, p. 391–401, 2004.

LIU, Y. et al. Socioeconomic drivers of forest loss and fragmentation: A comparison between different land use planning schemes and policy implications. **Land Use Policy**, v. 54, p. 58–68, 2016.

MARLIANA, S. N.; RÜHE, F. Post-reforestation vegetation development on abandoned highland fields in Java, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, v. 328, p. 245–253, 2014.

MESSIAS, M. C. T. B. et al. Phanerogamic flora and vegetation of Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 1, p. 1–38, 2017.

MINISTÉRIO DA FAZENDA - MF. **O que você precisa saber sobre as transferências fiscais da União - Princípios básicos**. Brasília: MF, 2016. 22p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Quarto Relatório para a convenção sobre a diversidade biológica**. Brasília: MMA, 2011. 248p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO – MPDG. Sistema integrado de planejamento e orçamento (SIOP). Brasília, MPDG. Disponível em: <<https://www.siop.planejamento.gov.br/siop/>>. Acesso em 02 abr. 2018.

MIRANDA, V. A resurgence of black identity in Brazil? Evidence from an analysis of recent censuses. **Demographic Research**, v. 32, n. 1, p. 1603–1630, 2015.

MODE, N. A.; CONQUEST, L. L.; MARKER, D. A. Incorporating prior knowledge in environmental sampling: Ranked set sampling and other double sampling procedures. **Environmetrics**, v. 13, n. 5–6, p. 513–521, 2002.

MORANDI, P. S. et al. Patterns of tree species composition at watershed-scale in the Amazon “arc of deforestation”: implications for conservation. **Environmental Conservation**, v. 43, n. 2016, p. 1–10, 2016.

NADER, M. R.; SALLOUM, B. A.; KARAM, N. Environment and sustainable development indicators in Lebanon: A practical municipal level approach. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 5, p. 771–777, 2008.

NAUMOV, V. et al. How to reconcile wood production and biodiversity conservation? The Pan-European boreal forest history gradient as an “experiment”. **Journal of Environmental Management**, v. 218, p. 1–13, 2018.

ORELLANA, E. et al. A distance-independent individual-tree growth model to simulate management regimes in native Araucaria forests. **Journal of Forest Research**, v. 22, n. 1, p. 30–35, 2017.

PARCERISAS, L. et al. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish Mediterranean coast (El Maresme County, 1850-2005). **Environmental Science and Policy**, v. 23, p. 120–132, 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro (IDHM). Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. 96 p. – (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013).

REDO, D. J. et al. Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 23, p. 8839–44, 2012.

REIS, E. Spatial income inequality in Brazil, 1872–2000. **Economía**, v. 15, n. 2, p. 119–140, 2014.

REIS, G. H. et al. Temporal vegetation changes in a seasonally dry tropical forest enclave in an ecotonal region between savanna and semiarid zones of Brazil. **Australian Journal of Botany**, v. 65, p. 85–93, 2017.

RODRIGUES, A. S. et al. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. **Science**, v. 324, n. 5933, p. 1435–1437, 2009.

ROUGIER, E.; COMBARNOUS, F.; FAURÉ, Y. A. The “Local Economy” Effect of Social Transfers: An Empirical Assessment of the Impact of the Bolsa Família Program on Local Productive Structure and Economic Growth. **World Development**, v. 103, p. 199–215, 2018.

SALEHI, M. et al. Efficient estimators for adaptive stratified sequential sampling. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 80, n. 10, p. 1163–1179, 2010.

SIT, V.; PULIN-COSTELLO, M. **Catalog of Curves for Curve Fitting**. Victoria: Biometrics information handbook series, 4<sup>o</sup>. edition, 1994.

SLOAN, S.; SAYER, J. A. Forest Resources Assessment of 2015 shows positive global trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 134–145, 2015.

SOLIÑO, M. et al. Resin-tapped pine forests in Spain: Ecological diversity and economic valuation. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 1146–155, 2018.

SOM, R. K. **Practical sampling techniques**. New York: Marcel Dekker, INC, 2<sup>o</sup>. edition, 1991.

SOUZA, L. DE O.; DOS SANTOS JUNIOR, A. B.; DE SOUZA, D. B. L. Gobernanza de políticas públicas de educación infantil en el Distrito Federal de Brasil: Un estudio de caso sobre el uso de convenios 1. **Praxis Sociológica**, v. 23, p. 189–209, 2018.

STONA, F.; MORAIS, I. A. C.; TRICHES, D. Economic dynamics during periods of financial stress: Evidences from Brazil. **International Review of Economics and Finance**, v. 55, n. October 2016, p. 130–144, 2018.

TOMPPO, E. et al. A sampling design for a large area forest inventory: case Tanzania. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 44, n. 8, p. 931–948, 2014.

VANWAMBEKE, S. O.; MEYFROIDT, P.; NIKODEMUS, O. From USSR to EU: 20 years of rural landscape changes in Vidzeme, Latvia. **Landscape and Urban Planning**, v. 105, n. 3, p. 241–249, 2012.

WANG, Z.; TONG, X. Different Spatial Sampling Models in Geographical Analysis. **Education Technology and Training & Geoscience and Remote Sensing**, v. 2, p. 484–487, 2008.

WANG, L. A nonparametric analysis on the environmental Kuznets curve. **Environmetrics**, v. 22, n. 3, p. 420–430, 2011.

WEST, P. W. Simple random sampling of individual items in the absence of a sampling frame that lists the individuals. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 46, n. 1, p. 1–7, 2016.

ZHANG, K. et al. Natural disasters and economic development drive forest dynamics and transition in China. **Forest Policy and Economics**, v. 76, p. 56–64, 2017.

ZHANG, J.; ZHANG, L.; GONG, B. Application of Spatial Sampling to Remote Sensing Monitoring of Forest Cover Area. **Advanced Materials Research**, v. 610–613, p. 3732–3737, 2012.

ZHU, H. et al. The heterogeneous effects of urbanization and income inequality on CO<sub>2</sub> emissions in BRICS economies: evidence from panel quantile regression. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 194, p. 54–68, 2018.



#### 4. DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO ALIADO À CONSERVAÇÃO FLORESTAL: UM EXEMPLO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

##### RESUMO

A região amazônica brasileira tem papel fundamental na atenuação das mudanças climáticas, na proteção dos mananciais e na conservação da biodiversidade. Surpreendentemente, a região com a maior e a mais diversa floresta tropical do mundo é também a que abriga uma população com um dos mais baixos índices de qualidade de vida do Brasil. Nestas condições, de abundância florestal e de baixa qualidade de vida das pessoas, o desflorestamento pode ser uma das consequências mais evidentes. Por isso, nesta pesquisa, objetivou-se quantificar o impacto do programa Bolsa Floresta (PBF), na redução do desflorestamento e na melhoria dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico dos municípios amazônicos, entre 2000 e 2010. Para isso, avaliou-se a eficiência do PBF, com o uso combinado de Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching*) e Diferença nas Diferenças (DD), em 579 municípios da Amazônia Legal brasileira. Os resultados indicaram que o PBF pode ter ajudado a reduzir o desflorestamento e favorecido o aumento em 12% no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação já nos primeiros anos do programa. A melhoria neste índice, que representa tanto a escolaridade da população adulta quanto o fluxo escolar da população jovem, evidencia a importância de um programa governamental como real promotor da melhoria na qualidade de vida da população. Sob este aspecto e considerando o modelo de desenvolvimento do Brasil, de uso intensivo dos recursos naturais, o Programa Bolsa Floresta, poderia ser ampliado e utilizado como um exemplo bem-sucedido de ocupação do território amazônico com o uso parcimonioso dos recursos naturais.

Palavras-chave: Efetividade de políticas ambientais; Indicadores de desenvolvimento; Análise de impacto

##### ABSTRACT

The Brazilian Amazon is fundamental for the mitigation of climate change, the protection of water resources, and the conservation of biodiversity. Surprisingly, the region with the largest and most diverse tropical rainforest in the world is also home to a population with one of the lowest indices of quality of life in Brazil. In these conditions, forest abundance and poor population quality, deforestation may be one of the most visible consequences. Therefore, the objective here was to quantify the impact of the Bolsa Floresta Program (BFP) to reduce deforestation and to improve the socioeconomic development indicators of Amazonian municipalities between 2000 and 2010. To do this, we evaluated the efficiency of the BFP with the combined use of Propensity Score Matching (PSM) and Difference in Differences (DD) in 579 municipalities of the Brazilian Legal Amazon. The results indicated that the BFP might have helped to reduce deforestation and favored a 12% increase in the Municipal Human Development Index from Education in the early years of the program. This improvement, which represents the educational level of the adult and young population, demonstrates the importance of government programs in increasing the quality of population lives. Under this aspect and considering the Brazilian model of intensive use of natural resources, the Bolsa Floresta Program could be expanded and used as a successful example of Amazonian occupation and parsimonious use of natural resources.

Keywords: Effectiveness of environmental policies; Development indicators; Impact analysis

#### 4.1. Introdução

Respondendo por 13% da cobertura arbórea mundial (FAO, 2010) e abrigando 11% da diversidade florística e faunística do planeta (MMA, 2011), as florestas brasileiras têm papel fundamental na atenuação das mudanças climáticas, na proteção dos mananciais e na conservação da biodiversidade (SCHMITT et al., 2009). Representando estas florestas, a região amazônica abriga a maior e a mais conservada porção florestal nativa do Brasil (IBGE, 2015). Surpreendentemente, a região com a maior e a mais diversa floresta tropical do mundo (WIENS et al., 2011) é também a que exhibe um dos mais baixos índices de qualidade de vida no estado brasileiro (IBGE, 2010). Neste local, as pessoas têm condições de vida comparáveis às dos países mais pobres do globo terrestre (WORLD BANK, 2016). Sob estas condições, de abundância de recursos florestais e de baixa qualidade de vida da população local, a utilização intensiva das florestas como a principal fonte de renda passa a ser natural (BONILLA-BEDOYA et al., 2018; TWONGYIRWE et al., 2018). Logo, a consequência mais evidente é o desflorestamento, que, nesta região, é de 14.784 km<sup>2</sup> ao ano (PRODES, 2018), uma das maiores taxas de desflorestamento do mundo (HARRIS et al., 2012; BRINCK et al., 2017). Em uma realidade como esta, as questões que surgem são: É possível haver um desenvolvimento socioeconômico juntamente à conservação florestal? Como implementar o desenvolvimento socioeconômico sem a perda expressiva da maior floresta tropical do globo terrestre?

No mundo há exemplos de iniciativas, de desenvolvimento socioeconômico e de conservação dos recursos florestais, na Etiópia (KEBEBE & SHIBRU, 2017), no Equador (CUENCA et al., 2016), no Paquistão (ALI & RAHUT, 2018) e em tantos outros países em que a população vive em um ambiente florestal sob condições de vulnerabilidade social e econômica. Para a realidade brasileira, as principais iniciativas são: o Bolsa Verde, iniciado em 2010 pelo governo federal (MMA, 2018), e o Bolsa Floresta, com início em 2007 pelo governo do estado do Amazonas (FAS, 2018). Estes dois programas têm como principais objetivos a redução do desmatamento e a melhoria na qualidade de vida da população, nos quesitos renda, educação e saúde. Naturalmente, a importância destes programas é indiscutível mas a sua eficácia é muitas vezes questionável, pois, de maneira geral, não há a avaliação da efetividade destas iniciativas na conservação florestal e na melhoria da qualidade de vida das pessoas (SILLS & CAVIGLIA-HARRIS, 2015; DE LOS SANTOS-MONTERO & BRAVO-URETA, 2017). Para este tipo de avaliação, há a necessidade de mensurar o efeito causal ou o impacto destes programas no resultado de interesse.

A partir das avaliações de impacto é possível quantificar, por exemplo, as mudanças na taxa de desflorestamento que podem ser atribuídas a um programa (JONES & LEWIS, 2015;

RASOLOFOSON et al., 2015; SCHLEICHER et al., 2017). Para isso, há a necessidade de encontrar um grupo de comparação (controle) com vistas a estimar o que teria acontecido aos participantes do programa (tratamento) na ausência dele (GERTLER et al., 2015). Na busca do grupo controle, os principais métodos utilizados são: a Regressão Descontínua (RD), indicada para os casos em que há um critério fixo de elegibilidade para a participação de um dado programa, e o Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching* - PSM), para os casos em que este critério de elegibilidade inexistente ou não é evidente (LAN & YIN, 2017). A RD tem por princípio a divisão dos dados em duas equações, partindo de uma regressão linear simples e ajustando duas equações lineares para descrever o fenômeno estudado (LEE & LEMIEUX, 2010). No caso específico da análise de impacto, estima-se o efeito médio do tratamento, em torno do critério de elegibilidade, no ponto em que as unidades de tratamento e de controle são mais semelhantes (Figura 15). Assim, quanto mais perto deste ponto, mais semelhantes serão as unidades em ambos os lados. Utilizando um princípio diferente, na busca do grupo controle, com a técnica do PSM busca-se estimar, via regressões de resposta binária, um “escore” que indique a probabilidade das unidades em estudo fazerem parte do grupo de tratamento (DIAMOND & SEKHON, 2013). Para isso, variáveis observáveis e imprescindíveis para a elegibilidade ao tratamento são utilizadas para a obtenção destes escores (PAES, 2012).

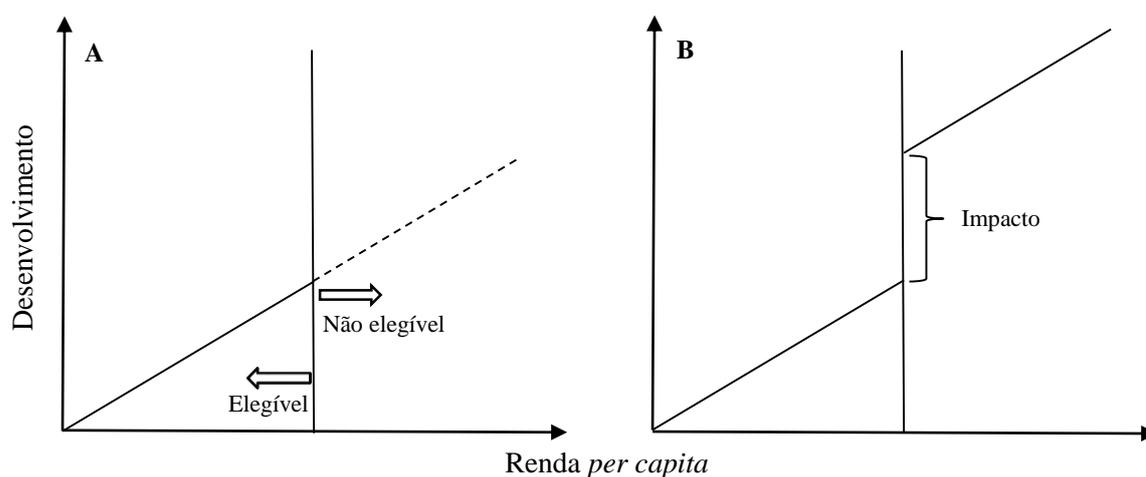


Figura 15: Impacto de um programa no desenvolvimento municipal, via regressão descontínua em torno de um critério fixo de elegibilidade, antes (A) e depois (B) da sua implementação (Adaptado de GERTLER et al., 2015).

Apesar das diferenças de aplicação das técnicas de pareamento RD e PSM, ambos os métodos objetivam parer os grupos de tratamento e de controle nas situações em que os participantes, de um dado programa, não foram aleatoriamente selecionados (POCOL et al., 2017). Nestes casos e com o adequado pareamento, a diferença estimada entre os grupos

representa o impacto do programa. Este impacto é quantificado pela técnica conhecida por diferença nas diferenças (DD), pois faz-se a diferença entre os referidos grupos pela diferença entre o antes e o depois da implementação do programa (GERTLER et al., 2015). Assim, de acordo com o que foi apresentado, percebe-se que a combinação das técnicas de emparelhamento com a DD parecem ser as mais indicadas para a avaliação da efetividade, por exemplo, de programas que visam a conservação florestal e o desenvolvimento socioeconômico de um dado local.

O caso específico do Programa Bolsa Floresta (PBF) é um exemplo de ação governamental que visa compensar financeiramente as populações tradicionais pela conservação florestal (FAS, 2018). O PBF compreende quatro componentes: bolsa floresta familiar, bolsa floresta associação, bolsa floresta renda e bolsa floresta social. Cada um destes componentes prevê o pagamento monetário como incentivo, por exemplo, às práticas de produção sustentável de: peixe, óleos vegetais, frutas, madeira manejada, mel dentre outros produtos. Além disso, há metas como a redução do desflorestamento e a melhoria nos níveis de escolaridade da população local (VIANA, 2008). Direcionado, inicialmente, para as comunidades que vivem em unidades de conservação do estado do Amazonas, o PBF possui a perspectiva de ser expandido para outras áreas. Como exemplo desta expansão, em 2009, o programa já compreendia quase 7% da população dos 17 municípios amazonenses por ele abrangidos (FAS, 2009; IBGE, 2017), mesmo se tratando de uma adesão voluntária. Assim, diante da necessidade da avaliação do impacto do PBF nas metas por ele estabelecidas, faz-se necessário definir o método de pareamento. Como não há um critério fixo de elegibilidade, para a participação comunitária no programa, o método de pareamento PSM parece ser adequado.

A Amazônia brasileira que possui a maior floresta tropical do mundo (FAO, 2010), boa parte dela no estado do Amazonas, é a mesma que abriga comunidades populacionais em condições de vulnerabilidade socioeconômica (IBGE, 2013) e exibe, anualmente, um desflorestamento que ultrapassa o tamanho, em área, da Irlanda do Norte. Nesta situação, programas de conservação florestal e de melhoria na qualidade de vida da população local, como o Bolsa Floresta (VIANA, 2008), pioneiro na região amazônica brasileira, se tornam fundamentais como opção de desenvolvimento socioeconômico aliado à conservação florestal. Entretanto, programas como este, para que sejam expandidos e utilizados como referência, necessitam ser adequadamente avaliados quanto a sua eficácia. Neste caso, a combinação das técnicas PSM e DD, para a avaliação da efetividade do Bolsa Floresta, parece ser promissora. Sob estas condições, o objetivo principal, neste estudo, é quantificar o impacto do programa Bolsa Floresta, na redução do desflorestamento e na melhoria dos indicadores de

desenvolvimento socioeconômico dos municípios amazônicos, entre 2000 e 2010, com vistas a propor uma alternativa de melhoria de vida, da população local, sem a perda expressiva da cobertura florestal.

Como objetivos específicos pode-se listar:

Estimar a probabilidade, de um dado município amazônico, em participar do programa Bolsa Floresta, a partir das variáveis de desenvolvimento socioeconômico (Produto Interno Bruto da agropecuária, Renda média mensal, Índices de Desenvolvimento Humano Municipal Educação e de Gini) e de caracterização do território (Rebanho bovino, lavouras temporária e permanente, pastagem e cobertura de floresta nativa);

Avaliar a eficiência, do uso combinado, do PSM e da DD em quantificar o impacto do programa Bolsa Floresta, na redução da taxa de desflorestamento e na melhoria dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico (Renda média mensal e os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal Educação e de Gini), dos municípios amazônicos, três anos após a implementação do programa;

Estimular o uso da análise de impacto no monitoramento da efetividade de programas ambientais que visam a conservação florestal e a melhoria do bem-estar de populações carentes, como boa parte da população amazônica.

Assim, as seguintes hipóteses foram formuladas para guiar o estudo:

Além da presença de unidades de conservação, a cobertura de floresta nativa e a área de pastagem são as principais variáveis definidoras da probabilidade de um município amazônico participar do programa Bolsa Floresta, pois representam as formas predominantes de uso da terra na Amazônia brasileira e definem, de certa maneira, a propensão de um município ter a sua economia voltada para a conservação florestal;

O Bolsa Floresta propiciou a redução do desflorestamento e a melhoria na qualidade de vida da população, dos municípios participantes do programa, em relação aos municípios não participantes.

Em relação às justificativas para propor este estudo, alguns itens podem ser citados:

A avaliação da efetividade do programa Bolsa Floresta, na redução do desflorestamento e na melhoria da qualidade de vida da população local, poderá nortear uma ação do estado brasileiro que vise a melhoria do bem-estar da população amazônica sem resultar na perda expressiva dos seus recursos florestais;

O conhecimento do impacto do programa Bolsa Floresta, em um ambiente em que coabitam a maior floresta tropical do mundo e uma das populações mais pobres do planeta,

pode fornecer os insumos necessários para encontrar uma forma de ocupação deste território com o uso parcimonioso dos recursos florestais.

## 4.2. Material e Métodos

### 4.2.1. Área de estudo

A área de estudo (Figura 16) abrange 579 municípios da Amazônia Legal brasileira, sendo 17 participantes do Programa Bolsa Floresta (PBF) e 562 não. A sua área aproximada de 4.666.609 km<sup>2</sup>, o que corresponde à 55 % do território do Brasil (IBGE, 2017).

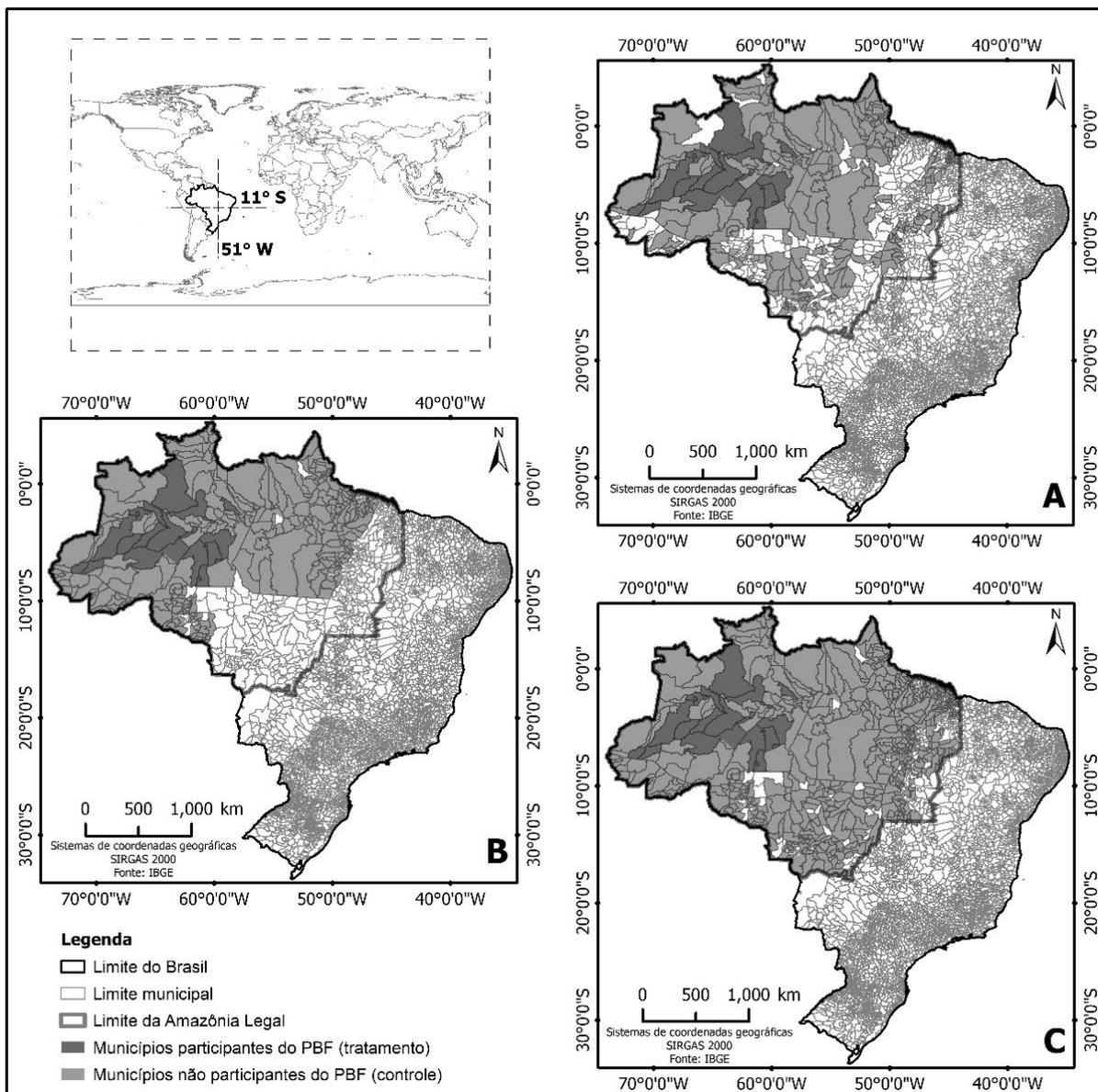


Figura 16: Limites municipais e da Amazônia Legal do Brasil, utilizados na avaliação de impacto do Programa Bolsa Floresta (PBF) nos municípios participantes do PBF (cinza escuro) e nos não participantes (cinza claro), conforme a seguinte divisão: tratamento e controle 1 (A); tratamento e controle 2 (B) e tratamento e controle 3 (C).

Para a inclusão dos municípios neste estudo foram utilizados os seguintes critérios: a) os municípios da Amazônia Legal que participaram do PBF entre os anos 2007 e 2009, denominados de tratamento; b) os municípios que, além de atenderem o critério “a”, estão dentro dos limites da Amazônia Legal e perderam menos do que 20% das suas florestas nativas entre 2000 e 2010 (Figura 16A); c) os municípios tratamento e os existentes até a implementação do PBF, dentro dos limites estaduais do Acre, do Amapá, do Amazonas, do Pará, de Rondônia e de Roraima (Figura 16B); d) todos os municípios da Amazônia Legal existentes até a implementação do PBF e que detinham floresta até o ano 2000 (Figura 16C). Cada critério foi adotado por motivos específicos, mas, todos visaram a comparabilidade entre os municípios participantes do PBF (tratamento) e os não participantes (controle). O critério “a” foi adotado por atender um dos objetivos deste estudo, o de mensuração do impacto do PBF entre 2007 e 2010. O critério “b” por representar a similaridade geográfica e de área florestal entre os municípios tratamento e controle. O critério “c” por refletir a similaridade geográfica e socioeconômica entre os municípios avaliados. O critério “d” por simbolizar, de maneira mais ampla, a semelhança regional entre os referidos municípios.

Há de se ressaltar que, embora o Programa Bolsa Floresta (PBF) seja voltado para as comunidades inseridas em unidades de conservação, considerou-se esta participação em nível municipal em função da representatividade econômica dessas comunidades, para os municípios abrangidos pelo PBF, e para ter uma medida contínua e sistemática das variáveis em estudo.

#### **4.2.2. Variáveis utilizadas: definição e origem**

As variáveis utilizadas para a etapa de pareamento, entre os municípios tratamento e controle, considerando os dados de 2000, foram as seguintes: a) Renda média mensal da população economicamente ativa; b) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Educação; c) Índice de Gini; d) Cobertura de floresta nativa; e) PIB da atividade agropecuária; f) Rebanho bovino; g) Lavoura temporária; h) Lavoura permanente; i) Pastagem plantada. Já as variáveis utilizadas para mensurar o impacto do Programa Bolsa Floresta (PBF), considerando os dados referentes aos anos 2000 e 2010, foram estas: a) Renda média mensal da população economicamente ativa; b) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Educação; c) Índice de Gini e d) Cobertura de floresta nativa. A escolha dessas variáveis se deu pelas seguintes razões: primeiro, na etapa de pareamento, considerou-se que as referidas variáveis caracterizam a heterogeneidade da ocupação humana do território amazônico e as suas peculiaridades socioeconômicas; segundo, na avaliação do impacto do PBF, considerou-se os objetivos do

programa de aumento e melhoria na distribuição da renda, bem como a redução do desflorestamento.

A seguir, será descrita, de forma detalhada, cada variável utilizada neste estudo.

a) Renda média mensal da população economicamente ativa é o rendimento médio mensal, em reais, das pessoas de 10 anos ou mais de idade, residentes em domicílios particulares permanentes na semana de referência especificada no censo demográfico (IBGE, 2017).

b) O IDHM Educação é obtido a partir de dois indicadores: a escolaridade da população adulta (18 anos ou mais), com ensino fundamental completo, e o fluxo escolar da população jovem. Estes indicadores têm pesos 1 e 2, respectivamente.

O primeiro indicador é obtido diretamente dos dados censitários. Já o segundo, o fluxo escolar da população jovem, é calculado pela média aritmética do percentual de: crianças, de 5 a 6 anos, frequentando a escola; jovens, de 11 a 13 anos, frequentando os anos finais do ensino fundamental; jovens, de 15 a 17 anos, com ensino fundamental completo e; jovens, de 18 a 20 anos, com ensino médio completo.

Considerando-se que as taxas de frequência e de conclusão variam entre 0% e 100% e que os valores mínimo e máximo escolhidos são também 0% e 100%, para “convertê-las” em um índice variando de 0 a 1, divide-se a taxa por 100. Posteriormente, para a obtenção do IDHM Educação calcula-se a média geométrica desses dois índices, com peso 1 para o índice de escolaridade e peso 2 para o índice de fluxo (PNUD, 2013).

c) Índice de Gini é uma medida de desigualdade de uma distribuição estatística qualquer. Neste estudo, o índice de Gini se refere à desigualdade da renda domiciliar *per capita*, dos municípios brasileiros, nos anos 2000 e 2010. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto maior o número, maior a desigualdade (DATASUS, 2017).

d) Cobertura de floresta nativa é a razão entre a área de floresta nativa (IBGE, 2015) e a área municipal (IBGE, 2017), em 2000 e em 2010.

e) PIB da atividade agropecuária é o total dos bens e serviços produzidos pela referida atividade, no caso, por município, em 2000 (IPEA, 2017).

f) Rebanho bovino é número de cabeças de gado bovino existente nos estabelecimentos agropecuários em 2000 (IBGE, 2016).

g) Lavoura temporária são as áreas, em hectares, plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração, geralmente inferior a um ano, e que só produzem uma vez, pois na colheita destrói-se a planta. Não foram consideradas as áreas plantadas com forrageiras para corte, utilizadas na alimentação dos animais (IBGE, 2016).

h) Lavoura permanente são as áreas, em hectares, plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de longa duração, tais como: café, laranja, cacau, banana, uva, etc., que após a colheita, não necessitasse de novo plantio, produzindo por vários anos consecutivos. Não foram incluídas nesta classe a cana-de-açúcar, a mandioca, o abacaxi e a mamona, as quais, apesar de serem de longa duração, foram consideradas lavouras temporárias (IBGE, 2016).

i) Pastagem plantada são as áreas, em quilômetros quadrados, ocupadas por vegetação herbácea cultivada. São locais destinados ao pastoreio, formados mediante plantio de forragens perenes, sujeitos a interferências antrópicas de alta intensidade, como limpeza da terra, tais como; destocamento e despedramento (IBGE, 2015).

### **4.2.3. Análise das variáveis**

#### **4.2.3.1. Pareamento**

Visando comparar os municípios mais similares, fez-se o pareamento entre os municípios participantes do Programa Bolsa Floresta - PBF (tratamento) e os não participantes (controle), antes da análise de impacto do PBF. Para isso, aplicou-se o método Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching* - PSM) às variáveis pré-determinadas no item 4.2.2 (letras “a” à “i”) e que, em tese, definem as características dos municípios considerados neste estudo. A partir do PSM, obteve-se a probabilidade de participação no PBF para cada município, tanto no tratamento quanto no controle. Esta probabilidade foi utilizada para fazer o pareamento levando em consideração a técnica do vizinho mais próximo, com reposição, e uma distância pré-definida em 1/4 do desvio-padrão (ROSENBAUM & RUBIN, 1983).

A probabilidade de participação municipal no PBF foi obtida considerando um modelo de regressão logística, em que a variável resposta é binária. O referido modelo é: a) múltiplo, pois acredita-se que mais de uma variável será necessária para explicar a participação municipal no PBF e b) linear nos parâmetros, pois a relação entre a variável resposta e as explicativas pode ser linearizada. Neste caso, as variáveis explicativas foram convertidas para a escala logarítmica (logaritmo neperiano ou  $\log_e$ ). As estimações, dos coeficientes da regressão, foram obtidas pelo método da Máxima Verossimilhança (GUJARATI, 2000; WOOLDRIDGE, 2014), considerando 579 observações. Desta forma, a probabilidade de participação municipal no PBF foi realizada com base no modelo representado pelas seguintes equações:

$$Y_i = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

$$p = \frac{e^{(\alpha_i + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i)}}{1 + e^{(\alpha_i + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i)}}$$

em que:  $Y_i$  é a variável resposta (logaritmo neperiano da probabilidade de participação no PBF) do município  $i$ ;  $\alpha_i$  representa o intercepto;  $\beta_{1\dots k}$  é o parâmetro a ser estimado;  $X_{1\dots k}$  representa as variáveis explicativas e;  $\varepsilon_i$  é o termo de erro. O modelo considerado pressupõe distribuição binomial, observações independentes e condição de sobreposição (Figura 17), em que as observações dos municípios tratamento e controle estejam no mesmo intervalo de probabilidade.

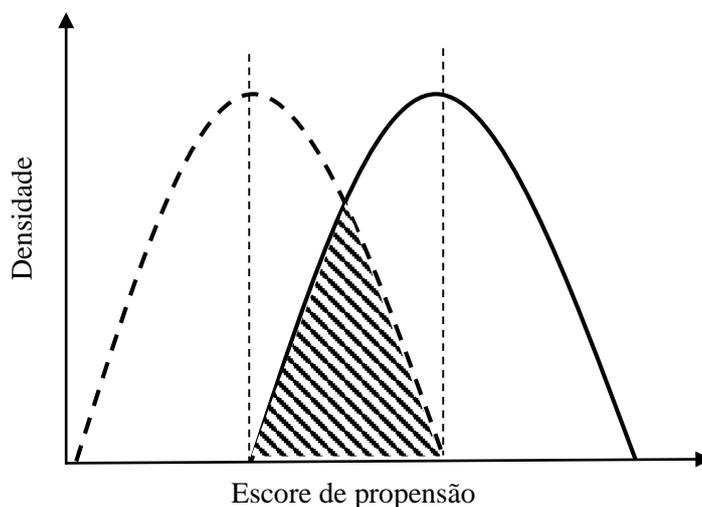


Figura 17: Distribuição teórica dos escores de propensão, em que a área hachurada é a condição de sobreposição entre os municípios participantes do Programa Bolsa Floresta (linha contínua) e dos não participantes (linha tracejada). O escore é a probabilidade dos referidos municípios serem selecionados para o PBF. A densidade é a porcentagem dos municípios com o respectivo escore (Adaptado de GERTLER et al., 2015).

Para avaliar a qualidade do pareamento comparou-se, via teste  $t$  de *Student*, as médias dos grupos tratamento e controle, para cada variável em estudo, considerando as significâncias de 1%, 5% e 10%. Além disso, gráficos de dispersão, contendo a distribuição da probabilidade dos dois grupos foram elaborados antes e depois do pareamento.

#### 4.2.3.2. Análise de impacto

A partir do pareamento entre os municípios, efetuou-se a análise do impacto do PBF nas variáveis Renda, IDHM Educação, Gini e na Cobertura de floresta nativa. Para isso, aplicou-se a técnica conhecida pela Diferença nas Diferenças (DD) com vistas a estimar o Efeito Médio do Tratamento nos Tratados (ATT), que pode ser expresso e ilustrado (Figura 18) da seguinte forma:

$$ATT = (X_{T1} - X_{C1}) - (X_{T0} - X_{C0})$$

em que: ATT é a estimativa do impacto do PBF sobre a variável em estudo; X se refere à média da variável em estudo para cada ano e grupo; T representa o grupo tratamento e C o grupo controle; 0 se refere ao momento antes da implementação do PBF e 1 ao momento após a implementação do PBF.

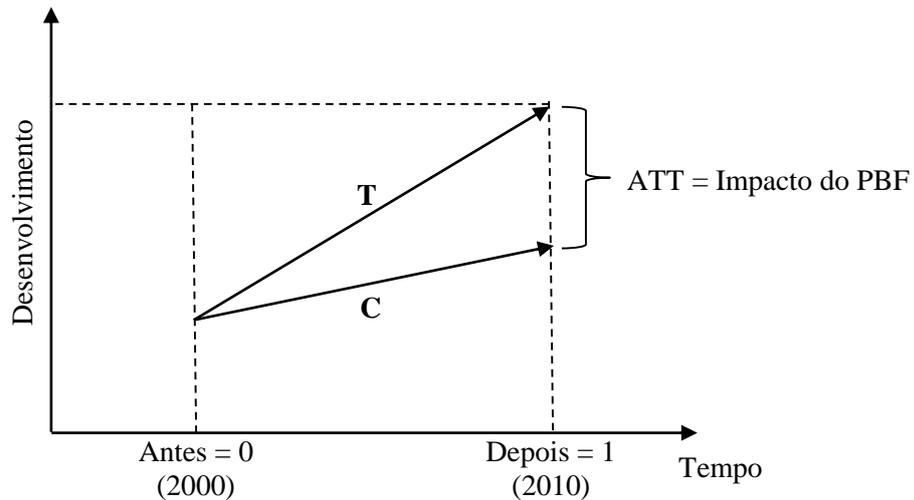


Figura 18: Ilustração da análise de impacto, do Programa Bolsa Floresta (PBF), no desenvolvimento municipal, pelo efeito médio do tratamento nos tratados (ATT), considerando os municípios participantes do programa (T – tratamento) e os não participantes (C – Controle) (Adaptado de GERTLER et al., 2015).

Toda a análise, tanto a de pareamento quanto a de impacto, foi efetuada com o auxílio do aplicativo STATA 14.0. Já os gráficos, foram elaborados em ambiente R.

### 4.3. Resultados e discussão

Os municípios amazônicos avaliados (Figura 16) e os resultados da estatística descritiva (Tabela 9) são apresentados como forma de caracterizá-los e verificar a magnitude dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território em 2000, antes da implementação do Programa Bolsa Floresta (PBF). A partir das informações, contidas na Tabela 9, constata-se que os municípios denominados de tratamento são caracterizados, de maneira geral, pelo menor desenvolvimento socioeconômico e agropecuário, com grandes remanescentes florestais nativos, quando comparado aos municípios denominados de controle. Apesar desta diferença, trata-se de municípios da mesma região (Figura 16), a Amazônia Legal, e que, por representarem as maiores e as mais conservadas áreas florestais do país, podem ser considerados os municípios mais similares do Brasil e, portanto, passíveis de comparação.

Tabela 9: Estatística descritiva (média, desvio padrão - DP, valores mínimo – Mín. e máximo – Máx.) de municípios amazônicos brasileiros, referentes aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território, segundo os grupos de comparação entre municípios denominados de tratamento e de controle, em 2000

| Variável | ----- Tratamento -----      |                             |                             |                             | ----- Controle 1 ----- |                       |                       |                       | ----- Controle 2 ----- |                       |                       |                       | ----- Controle 3 ----- |                       |                       |                       |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          | Média                       | DP                          | Mín.                        | Máx.                        | Média                  | DP                    | Mín.                  | Máx.                  | Média                  | DP                    | Mín.                  | Máx.                  | Média                  | DP                    | Mín.                  | Máx.                  |
| RENDA    | <b>327,5</b>                | <b>70,5</b>                 | <b>214,2</b>                | <b>484,6</b>                | 412,7                  | 273,1                 | 113,3                 | 3.966,5               | 415,2                  | 150,3                 | 200,9                 | 1.472,8               | 402,9                  | 226,4                 | 107,6                 | 3.966,5               |
| IDHME    | <b>0,17</b>                 | <b>0,05</b>                 | <b>0,09</b>                 | <b>0,25</b>                 | 0,27                   | 0,09                  | 0,05                  | 0,58                  | 0,24                   | 0,09                  | 0,05                  | 0,55                  | 0,26                   | 0,10                  | 0,05                  | 0,58                  |
| GINI     | <b>0,63</b>                 | <b>0,07</b>                 | <b>0,54</b>                 | <b>0,80</b>                 | 0,60                   | 0,07                  | 0,42                  | 0,88                  | 0,60                   | 0,06                  | 0,46                  | 0,83                  | 0,60                   | 0,07                  | 0,42                  | 0,88                  |
| PIBA     | <b>9,7 . 10<sup>6</sup></b> | <b>7,9 . 10<sup>6</sup></b> | <b>1,4 . 10<sup>6</sup></b> | <b>3,0 . 10<sup>7</sup></b> | 1,5 . 10 <sup>7</sup>  | 2,6 . 10 <sup>7</sup> | 5,7 . 10 <sup>5</sup> | 2,7 . 10 <sup>8</sup> | 1,3 . 10 <sup>7</sup>  | 1,3 . 10 <sup>7</sup> | 5,7 . 10 <sup>5</sup> | 9,5 . 10 <sup>7</sup> | 1,5 . 10 <sup>7</sup>  | 2,3 . 10 <sup>7</sup> | 4,6 . 10 <sup>5</sup> | 2,7 . 10 <sup>8</sup> |
| FLORESTA | <b>0,90</b>                 | <b>0,10</b>                 | <b>0,63</b>                 | <b>1</b>                    | 0,48                   | 0,36                  | 0,0002                | 1                     | 0,60                   | 0,32                  | 0,005                 | 1                     | 0,39                   | 0,36                  | 0                     | 1                     |
| REBANHO  | <b>4.181</b>                | <b>4.443,2</b>              | <b>166</b>                  | <b>15.280</b>               | 56.773                 | 88.753,6              | 0                     | 720.717               | 64.108                 | 90.844,4              | 0                     | 682.407               | 71.885                 | 98.823,6              | 0                     | 720.717               |
| AGRITEMP | <b>3.096,3</b>              | <b>2.922</b>                | <b>184</b>                  | <b>10.291</b>               | 12.912                 | 48.076                | 13                    | 504.840               | 5.920                  | 13.061                | 0                     | 190.310               | 11.799                 | 39.258                | 0                     | 504.840               |
| AGRIPER  | <b>1.332,3</b>              | <b>1.702,6</b>              | <b>36</b>                   | <b>6.950</b>                | 748,9                  | 2.319,5               | 0                     | 22.539                | 1.769,7                | 3.217                 | 0                     | 22.539                | 1.020,9                | 2.463,2               | 0                     | 22.539                |
| PASTO    | <b>9,6</b>                  | <b>16,8</b>                 | <b>0</b>                    | <b>66,2</b>                 | 339,6                  | 627,5                 | 0                     | 4.769,8               | 415,2                  | 634,5                 | 0                     | 3.691,2               | 480,3                  | 720,4                 | 0                     | 5.474                 |
| N        | <b>17</b>                   |                             |                             |                             | 273                    |                       |                       |                       | 283                    |                       |                       |                       | 604                    |                       |                       |                       |

Em que: 1) RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa, em R\$; IDHME é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação; GINI é o índice de GINI da renda domiciliar *per capita*; PIBA é o PIB da agropecuária, em R\$; FLORESTA é a razão entre a área ocupada pela floresta nativa e a área total do município; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área destinada a lavoura temporária, em ha; AGRIPER é a área destinada a lavoura permanente, em ha; PASTO é a área destinada a pastagem plantada, em km<sup>2</sup>. 2) N é o número de observações.

Na etapa anterior ao pareamento, entre os municípios dos diferentes grupos avaliados, buscou-se identificar empiricamente as variáveis que poderiam determinar a propensão, de um município amazônico, participar do Programa Bolsa Floresta (PBF). Na Tabela 10, há as estimativas da referida propensão. A partir destas estimativas e considerando apenas os coeficientes significativos, constata-se que o aumento da cobertura florestal nativa e da área de lavouras permanentes (Grupo C) aumentam a probabilidade do município participar do PBF. Ao contrário, com o aumento da área de pastagem há uma diminuição desta probabilidade. Constatações como estas, além de confirmar a robustez e a coerência do modelo adotado, denotam a importância do PBF como uma proposta alternativa ao desenvolvimento em curso no Brasil (Capítulo 1), o de conversão de áreas florestais nativas para usos antrópicos intensivos, como a pastagem neste caso. Esta afirmativa parece ser respaldada pelo que ocorreu no Grupo C. Nesta região, em que as lavouras permanentes também podem influenciar a predisposição municipal em participar do PBF, a banana é a cultura agrícola perene predominante (IBGE, 2016). Esta, é cultivada no Brasil em ciclos de pelo menos 3 anos, em que o solo não fica desnudo (BORGES et al., 2006), o que acaba favorecendo minimamente a sua conservação.

Um dos objetivos fundamentais do PBF é o uso sustentável dos recursos da floresta (VIANA, 2008). Neste caso, há algumas técnicas voltadas especificamente para a realidade amazônica que têm o uso incentivado no âmbito do PBF. Dentre estas técnicas destacam-se o manejo florestal e os sistemas agroflorestais. O manejo florestal, que visa a extração de produtos florestais com impactos mínimos, também têm sido utilizado, como forma alternativa ao uso intensivo dos recursos florestais, em Madagascar (RASOLOFOSON et al., 2015), na amazônia peruana (SCHLEICHER et al., 2017), no Nepal (LUNTEL et al., 2017) e em muitos outros locais do mundo em que há forte pressão antrópica sobre as florestas nativas. Análogo ao manejo florestal em ecossistemas naturais, a produção agrícola via sistemas agroflorestais também é um exemplo de uso sustentável dos recursos da floresta. Neste sistema produtivo, também incentivado pelo PBF, há o consórcio de árvores com culturas agrícolas (ELEVITCH et al., 2018) que, nos municípios da Amazônia brasileira, tem sido conduzido com espécies como o cupuaçú, a castanha do Pará, a banana e a seringueira (BRIENZA JÚNIOR et al., 2009). Assim como ocorre no manejo florestal, os sistemas agroflorestais têm sido aplicados com sucesso em diferentes partes do mundo como na África (FÉLIX et al., 2018), na Europa (RE et al., 2019) e na Ásia (HANIF et al., 2018). Desta forma, as técnicas exemplificadas são algumas das alternativas possíveis de uso parcimonioso dos recursos naturais da Amazônia brasileira e,

de certa maneira, parecem aumentar a propensão de um dado município participar do Programa Bolsa Floresta.

Tabela 10: Valores dos coeficientes da regressão logística e do seu respectivo erro padrão, segundo os grupos de comparação, estimados pela Máxima Verossimilhança, para cada variável explicativa da propensão municipal para a participação do Programa Bolsa Floresta, considerando o ano 2000

| Variável explicativa (log <sub>e</sub> ) | ----- Coeficiente da regressão ----- |                       |                       |
|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | Grupo A                              | Grupo B               | Grupo C               |
| Intercepto                               | -3,3279<br>(8,813)                   | -2,6342<br>(9,823)    | -5,4325<br>(8,994)    |
| RENDA                                    | -1,9345<br>(1,203)                   | -1,9695<br>(1,299)    | -1,4625<br>(1,130)    |
| IDHME                                    | -1,9785<br>(5,299)                   | -1,7202<br>(5,258)    | -4,6664<br>(4,798)    |
| GINI                                     | 2,2266<br>(7,514)                    | 3,5819<br>(7,596)     | 3,4738<br>(7,475)     |
| PIBA                                     | 0,2214<br>(0,531)                    | 0,2535<br>(0,486)     | 0,3118<br>(0,500)     |
| FLORESTA                                 | 9,7342***<br>(3,439)                 | 6,4508***<br>(1,713)  | 6,6888***<br>(1,297)  |
| REBANHO                                  | -0,1591<br>(0,155)                   | -0,1879<br>(0,149)    | -0,1710<br>(0,148)    |
| AGRITEMP                                 | 0,1759<br>(0,345)                    | 0,3345<br>(0,332)     | 0,1219<br>(0,267)     |
| AGRIPER                                  | 0,4944<br>(0,302)                    | 0,4047<br>(0,282)     | 0,5102**<br>(0,257)   |
| PASTO                                    | -0,2897**<br>(0,124)                 | -0,4213***<br>(0,122) | -0,4327***<br>(0,130) |
| N  | 290                                  | 300                   | 621                   |
| Pseudo R <sup>2</sup>                    | 0,378                                | 0,335                 | 0,418                 |
| Qui-quadrado de Wald (9)                 | 45,40***                             | 63,39***              | 92,66***              |
| Log da pseudo-verossimilhança            | -40,28                               | -43,44                | -45,37                |

Em que: 1) RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa; IDHME é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação; GINI é o índice de Gini da renda domiciliar *per capita*; PIBA é o PIB da agropecuária; FLORESTA é a razão entre as áreas de floresta nativa e municipal; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área da lavoura temporária; AGRIPER é a área da lavoura permanente; PASTO é a área da pastagem plantada. 2) N é o número de observações. 3) Grupo A – tratamento e controle 1; Grupo B – tratamento e controle 2; Grupo C – tratamento e controle 3. 4) \*\* significativo a 5% de probabilidade; \*\*\* significativo a 1% de probabilidade. 5) Erro padrão robusto entre parênteses. Obs.: Todos os dados foram convertidos para a escala log (log<sub>e</sub>).

No caso da comparação dos municípios mais similares, a Tabela 11 contém os resultados das médias dos municípios denominados tratamento e controle antes e depois do pareamento. Para quase todas as variáveis e antes do pareamento houve diferenças entre as médias analisadas, fato que não ocorreu após o pareamento. As exceções foram para o Produto Interno Bruto da agropecuária e para a agricultura temporária, em que as médias permaneceram similares independentemente do pareamento. Este fato pode ter ocorrido devido as próprias características dessas variáveis que, na escala logarítmica, inicialmente já eram similares. Adicionalmente e de forma complementar à avaliação da efetividade do pareamento, a Figura 19 contém a distribuição dos escores de propensão, antes e depois do respectivo pareamento, nas três situações em que os municípios participantes do PBF foram confrontados. Quando a comparação entre o antes e o depois é feita graficamente, a densidade dos grupos de municípios considerados possui um aspecto peculiar. Antes do pareamento há divergência clara entre as

curvas dos diferentes grupos, fato que não se repete após a realização do pareamento. Isso significa que os municípios similares foram adequadamente pareados (CALIENDO & KOPENIG, 2008; SANTOS et al., 2016), tornando possível a avaliação do efeito causal do Programa Bolsa Floresta (PBF) no desflorestamento e nos indicadores de desenvolvimento socioeconômico dos municípios participantes do PBF.

Tabela 11: Valores médios do tratamento e dos controles, referentes aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território, de municípios da Amazônia brasileira, em 2000, comparados pelo teste *t* de *Student*, antes e o depois do Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching* - PSM)

| Variável<br>(log <sub>e</sub> ) | Trata-<br>mento | ----- Antes ----- |                   | ----- Depois ----- |                   | ----- Antes ----- |                   | ----- Depois ----- |                   | ----- Antes ----- |                   | ----- Depois ----- |                   |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                 |                 | Controle<br>1     | Valor<br><i>t</i> | Controle<br>1      | Valor<br><i>t</i> | Controle<br>2     | Valor<br><i>t</i> | Controle<br>2      | Valor<br><i>t</i> | Controle<br>3     | Valor<br><i>t</i> | Controle<br>3      | Valor<br><i>t</i> |
| RENDA                           | <b>5,77</b>     | 5,92              | 1,34              | 5,89               | -1,09             | 5,98              | 2,52**            | 5,83               | -0,58             | 5,90              | 1,15              | 5,79               | 0,01              |
| IDHME                           | <b>0,16</b>     | 0,23              | 4,07***           | 0,18               | -0,89             | 0,21              | 3,09***           | 0,18               | -0,90             | 0,23              | 3,98***           | 0,18               | -1,09             |
| GINI                            | <b>0,48</b>     | 0,46              | -1,54             | 0,49               | -0,31             | 0,47              | -1,37             | 0,48               | 0,70              | 0,47              | -1,88*            | 0,47               | 1,01              |
| PIBA                            | <b>15,72</b>    | 15,91             | 0,77              | 15,46              | 0,40              | 15,99             | 1,18              | 15,58              | -0,31             | 15,96             | 0,97              | 15,69              | -0,27             |
| FLORESTA                        | <b>0,64</b>     | 0,36              | -4,65***          | 0,64               | -0,12             | 0,44              | -3,92***          | 0,64               | 0,06              | 0,29              | -5,82***          | 0,70               | -1,01             |
| REBANHO                         | <b>7,74</b>     | 9,74              | 3,92***           | 6,78               | 0,92              | 9,84              | 3,99***           | 7,67               | 0,09              | 10,13             | 5,23***           | 8,34               | -0,83             |
| AGRITEMP                        | <b>7,53</b>     | 7,83              | 0,72              | 7,18               | 0,45              | 7,75              | 0,55              | 7,25               | 0,02              | 8,01              | 1,21              | 7,44               | -0,10             |
| AGRIPER                         | <b>6,47</b>     | 5,04              | -3,08***          | 6,21               | 0,00              | 6,30              | -0,43             | 6,14               | 0,06              | 5,18              | -2,48**           | 6,12               | 0,18              |
| PASTO                           | <b>1,43</b>     | 3,45              | 2,97***           | 1,36               | 0,39              | 4,06              | 4,02***           | 1,51               | 0,34              | 4,23              | 4,22***           | 2,07               | -0,58             |
| N                               | <b>17</b>       | 273               |                   |                    |                   | 283               |                   |                    |                   | 604               |                   |                    |                   |

Em que: 1) RENDA é a renda média mensal da população economicamente ativa; IDHME é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação; GINI é o índice de GINI da renda domiciliar *per capita*; PIBA é o PIB da agropecuária; FLORESTA é a razão entre a área ocupada pela floresta nativa e a área total do município; REBANHO é número de cabeças de gado bovino; AGRITEMP é a área destinada a lavoura temporária; AGRIPER é a área destinada a lavoura permanente; PASTO é a área destinada a pastagem plantada. 2) N é o número de observações. 3) \* significativo a 10% de probabilidade, \*\* significativo a 5% de probabilidade, \*\*\* significativo a 1% de probabilidade. Obs.: Todos os dados foram convertidos para a escala log (log<sub>e</sub>).

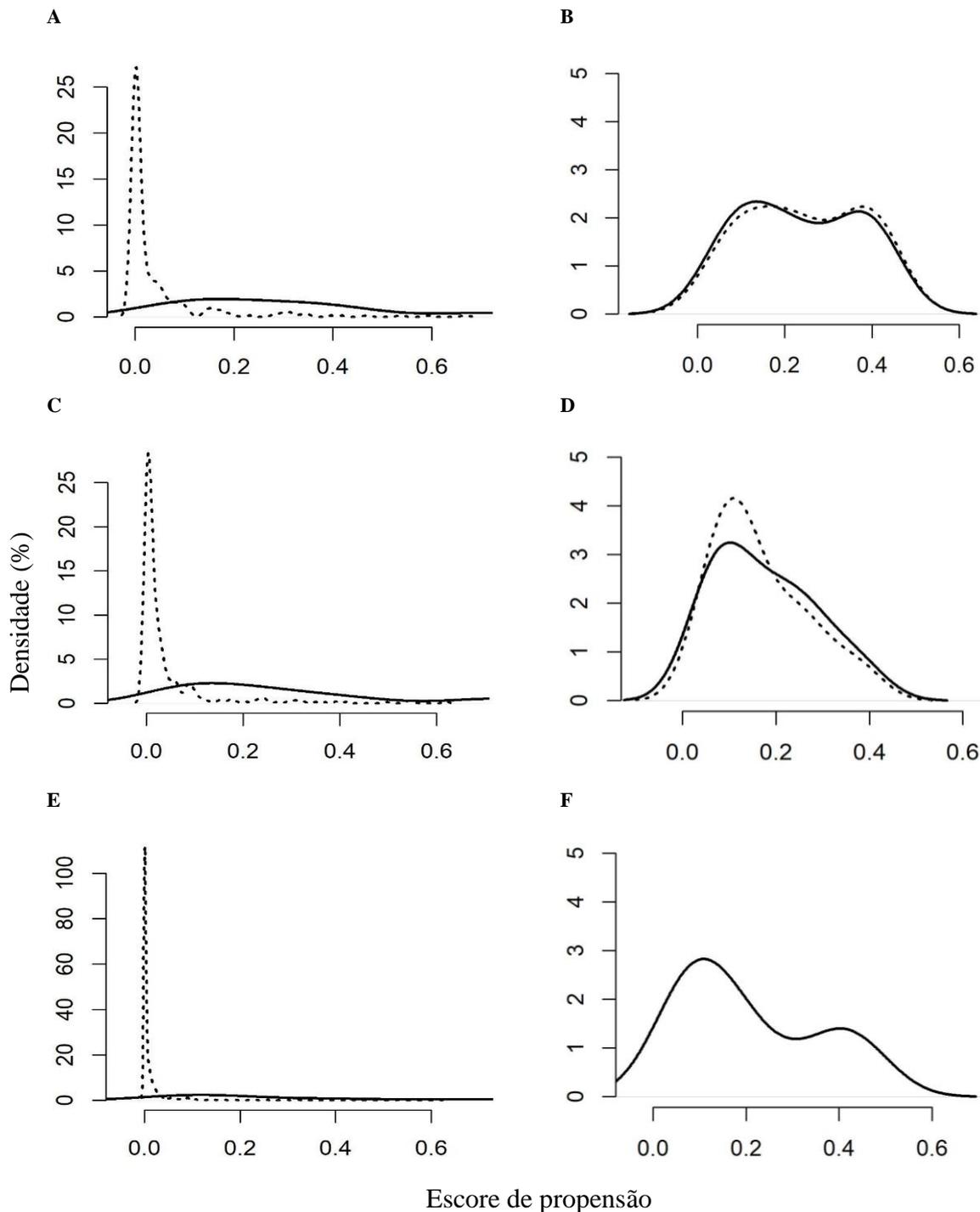


Figura 19: Distribuição dos escores de propensão. A linha contínua representa os municípios participantes do Programa Bolsa Floresta (tratamento) e a linha tracejada representa os não participantes (controle), antes (A, C e E) e depois (B, D e F) do Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching – PSM*), segundo os seguintes grupos de comparação: tratamento e controle 1 (A e B); tratamento e controle 2 (C e D) e tratamento e controle 3 (E e F).

Com o adequado pareamento (Tabela 11 e Figura 19) e considerando que este procedimento minimiza o viés de seleção (GERTLER et al., 2015), visto que o tratamento não foi aleatorizado, procedeu-se a análise de impacto do PBF no desflorestamento e nos indicadores de desenvolvimento socioeconômico dos municípios participantes do programa. Na tabela 12, encontram-se os resultados desta análise. Ao considerar apenas o efeito

significativo, observa-se que o PBF, já nos 3 primeiros anos após a sua implantação, pode ter ajudado na diminuição do desflorestamento e no aumento do índice de desenvolvimento humano educacional. Aumento este, de aproximadamente 12%, em um importante indicador educacional, que representa simultaneamente a escolaridade da população adulta e a frequência escolar da população jovem (PNUD, 2013). Este percentual bem como o efeito positivo podem ser considerados um avanço expressivo para a melhoria da qualidade de vida da população beneficiada pelo PBF. Normalmente, em estudo similares, o impacto de programas como o PBF é detectado para as variáveis referentes à renda (RAHUT et al., 2015; MUTUNE & LUND, 2016; KEBEBE & SHIBRU, 2017; ALI & RAHUT, 2018). Resultados, como os encontrados neste estudo, de melhoria em indicadores educacionais, demonstram a importância do Programa Bolsa Floresta (PBF) como um dos possíveis promotores do real desenvolvimento da Amazônia brasileira, um dos lugares em que a população está entre as mais carentes do país (IBGE, 2013).

Tabela 12: Impacto do Programa Bolsa Floresta, segundo os grupos de comparação, via Efeito Médio do Tratamento nos Tratados (ATT), bem como o valor *t* de *Student*, no desflorestamento e nos indicadores de desenvolvimento socioeconômico de municípios da Amazônia brasileira, entre os anos 2000 e 2010

| Variável | ----- Grupo A ----- |                | ----- Grupo B ----- |                | ----- Grupo C ----- |                |
|----------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
|          | ATT                 | Valor <i>t</i> | ATT                 | Valor <i>t</i> | ATT                 | Valor <i>t</i> |
| RENDA    | 21,153              | 0,42           | 12,146              | 0,30           | -0,921              | -0,02          |
| IDHME    | 0,024               | 1,65*          | 0,010               | 0,83           | 0,013               | 0,98           |
| GINI     | -0,002              | -0,08          | 0,020               | -0,80          | -0,010              | -0,40          |
| FLORESTA | -0,003              | 0,19           | -0,051              | -1,79*         | -0,284              | -5,07***       |
| N        | 290                 |                | 300                 |                | 621                 |                |

Em que: 1) RENDA é diferença, em R\$, da renda média mensal da população economicamente ativa, entre 2000 e 2010; IDHME é a diferença do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação, entre 2000 e 2010; GINI é a diferença do índice de GINI, da renda domiciliar *per capita*, entre 2000 e 2010; FLORESTA é a diferença da cobertura de floresta nativa municipal, entre 2000 e 2010. 2) Grupo A – tratamento e controle 1; Grupo B – tratamento e controle 2; Grupo C – tratamento e controle 3. 3) N é o número de observações. 4) \*\*\* significativo a 1% de probabilidade; \*\* significativo a 5% de probabilidade; \* significativo a 10% de probabilidade.

O impacto do PBF na redução do desflorestamento e na melhoria do nível educacional, em alguns dos municípios mais pobres do Brasil, parece conferir maior credibilidade ao programa, além de ajudar a desmistificar a ideia de que as unidades de conservação dificultam o desenvolvimento, pois o PBF é prioritariamente direcionado às comunidades inseridas nestas unidades e isso não impediu que os municípios se desenvolvessem. Além disso, há outros trabalhos que podem subsidiar uma possível ampliação do PBF. Por exemplo, LUINTEL et al. (2017), avaliaram o impacto do Programa Florestal Comunitário do Nepal na diminuição da desigualdade entre as comunidades beneficiárias e concluíram que o efeito foi maior nas comunidades mais pobres do país. Neste estudo, os autores avaliaram, entre 2010 e 2012, em 1.300 domicílios, o efeito de um programa governamental de mais de 4 décadas, que abrange

1,8 milhão de hectares de florestas, e beneficia aproximadamente 42% da população nepalesa. Já MIRANDA et al. (2016), mensurando o efeito causal das unidades de conservação na redução do desflorestamento e da pobreza da população que vive na Amazônia peruana, constataram que as unidades de conservação, apesar de reduzirem o desflorestamento, não foram capazes de diminuir a pobreza. Esta pesquisa, que abrangeu 79% do território amazônico do Peru, foi aplicada em 42.000 domicílios, entre os anos 2000 e 2005. Assim, de acordo com os resultados deste estudo, do Nepal e do Peru, os programas voltados ao uso racional dos recursos florestais além de, em muitos casos, reduzirem o desflorestamento também podem ser capazes de melhorar as condições de vida da população local.

O efeito significativo, identificado para a cobertura florestal nativa e para o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação não foi constatado para os demais indicadores (Tabela 12) que, em certa medida, também representam o objetivo do PBF de melhorar a qualidade de vida das populações ribeirinhas do estado do Amazonas (VIANA, 2008; FAS, 2018). No caso específico do impacto do PBF no aumento da renda e na sua distribuição mais homogênea, este resultado não é improvável em função do curto período de análise (3 anos após a implementação do PBF). Por exemplo, no estado brasileiro de Rondônia, vizinho ao Amazonas, após 15 anos da implementação dos sistemas agroflorestais, não houve efeito no aumento da renda domiciliar (SILLS & CAVIGLIA-HARRIS, 2015). O mesmo ocorreu no Camboja, em que não foi detectado efeito causal do manejo florestal não madeireiro no aumento da renda e na redução da sua desigualdade (JIAO et al., 2015). É possível que com a redução do desflorestamento e a continuidade da utilização dos sistemas produtivos menos intensivos, só sejam vinculados ao aumento e a distribuição mais homogênea da renda em alguns anos, pois, em certa medida, trata-se também de uma mudança de atitude da população (WUNDER et al., 2014). Seguindo esta lógica, os resultados parecem revelar uma tendência de melhoria nestes indicadores, que poderá ser observada com o passar dos anos, visto que o PBF é um programa de longo prazo.

A confirmação de que o Programa Bolsa Floresta (PBF) pode ter favorecido a redução do desflorestamento e o aumento nos níveis de escolaridade, da população de alguns municípios amazonenses, revela a capacidade de um programa governamental melhorar de fato a vida das pessoas. Além disso, por se tratar de uma das regiões mais pobres do Brasil e que detém uma das maiores reservas florestais do planeta, o PBF surge como uma importante alternativa ao desenvolvimento em curso no país, de uso intensivo dos recursos naturais (Capítulo 1). Apesar desta constatação parecer promissora, há de se ressaltar que os resultados deste estudo são preliminares e devem ser interpretados com cautela. O impacto do PBF, no desflorestamento e

nos indicadores de desenvolvimento socioeconômico, foi avaliado até 2010, três anos após a sua implementação. Além disso, o grupo tratamento possui apenas 17 observações (municípios) que, apesar de compreender 1/3 do Amazonas, o maior estado do Brasil e também detentor das maiores áreas florestais do país, ainda é considerada uma amostra pequena. Assim, por se tratar de um programa de longo prazo e ainda abranger uma amostra relativamente pequena, é possível que o efeito causal do PBF ainda não possa ser verificado.

#### **4.4. Conclusões**

Apesar deste estudo ter como principal característica o caráter exploratório, duas hipóteses elementares nortearam a sua execução. A primeira é que o programa Bolsa Floresta propiciou a melhoria na qualidade de vida das pessoas, que vivem na amazônia brasileira, sem a perda expressiva dos recursos florestais. A segunda é que as áreas municipais de pastagem e de floresta definem a sua participação no referido programa.

Determinar estatisticamente o efeito causal do programa Bolsa Floresta, na melhoria dos indicadores municipais de desenvolvimento socioeconômico, não foi trivial, principalmente na situação em que os municípios, participantes do programa, não foram selecionados de forma aleatória. Entretanto, esta dificuldade foi superada pelo pareamento entre os municípios, denominados de tratamento e de controle, via o método Emparelhamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching* - PSM).

Dos indicadores municipais de desenvolvimento socioeconômico e de caracterização do território, utilizados para estimar a propensão de um município amazônico participar do programa Bolsa Floresta, os mais importantes foram: a área de pastagem plantada, de lavoura permanente e a cobertura de floresta nativa. Neste caso, quanto menos pastagem e mais floresta e lavoura permanente o município tiver, maiores serão as chances dele participar do referido programa.

O programa Bolsa Floresta, já no terceiro ano após a sua implementação, pode ter contribuído para a redução do desmatamento e para o aumento de 12% no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Educação. A melhoria neste índice, que representa tanto a escolaridade da população adulta quanto o fluxo escolar da população jovem, evidencia a importância de um programa estatal como real promotor de desenvolvimento. Sob este aspecto e considerando o modelo de desenvolvimento do país, de uso intensivo dos recursos naturais, a ampliação de ações governamentais, como a do Bolsa Floresta, parecem ser eficientes na melhoria de indicadores educacionais, mesmo após um curto período de execução do referido programa. Se for considerado que o aumento da escolaridade melhora de fato a vida

das pessoas e que isso ajuda a manter os recursos naturais, no caso, a Floresta Amazônica, o programa Bolsa Floresta parece estar no caminho certo e poderia ser utilizado como um exemplo bem-sucedido de ocupação do território amazônico com o uso parcimonioso dos recursos naturais. Além disso, como é um programa direcionado às comunidades que vivem em unidades de conservação, ficou demonstrado que estas unidades não impedem mas contribuem para o desenvolvimento local.

### Referências

ALI, A.; RAHUT, D. B. Forest-based livelihoods, income, and poverty: Empirical evidence from the Himalayan region of rural Pakistan. **Journal of Rural Studies**, v. 57, p. 44–54, 2018.

BONILLA-BEDOYA, S. et al. Socioecological system and potential deforestation in Western Amazon forest landscapes. **Science of the Total Environment**, v. 644, p. 1044–1055, 2018.

BORGES, A. L. et al. A cultura da banana. **Coleção Plantar** (série vermelha - fruteiras), v. 56, n. 3, p. 110, 2006.

BRIENZA JÚNIOR, S. et al. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 Anos de Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 67–76, 2009.

BRINCK, K. et al. High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle. **Nature Communications**, v. 8, 2017.

CALIENDO, M.; KOPENIG, S. Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching. **Journal of Economic Surveys**, v. 22, n. 1588, p. 31–72, 2008.

CUENCA, P.; ARRIAGADA, R.; ECHEVERRÍA, C. How much deforestation do protected areas avoid in tropical Andean landscapes? **Environmental Science and Policy**, v. 56, p. 56–66, 2016.

DE LOS SANTOS-MONTERO, L. A.; BRAVO-URETA, B. E. Natural Resource Management and Household Well-being: The Case of POSAF-II in Nicaragua. **World Development**, v. 99, p. 42–59, 2017.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – DATASUS. Índice de Gini da renda domiciliar per capita. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>>. Acesso em 06 dez. 2017.

DIAMOND, A.; SEKHON, J. Genetic Matching for Estimating Causal Effects: A General Multivariate Matching Method for Achieving Balance in Observational Studies. **The Review of Economics and Statistics**, v. 95, n. 3, p. 932–945, 2013.

ELEVITCH, C. R.; MAZAROLI, D. N.; RAGONE, D. Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture. **Sustainability**, v. 10, n. 9, p. 1–21, 2018.

FÉLIX, G. F. et al. Enhancing agroecosystem productivity with woody perennials in semi-arid West Africa. A meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p. 56–77, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Global Forest Resources Assessment 2010. FAO FORESTRY PAPER 163, Roma, Itália, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>

FUNDAÇÃO AMAZONAS SUSTENTÁVEL – FAS. Programa Bolsa Floresta. **Relatório de gestão**. 2009. Disponível em: <<http://fas-amazonas.org/transparencia/>>. Acessado em: 07 jul. 2018.

FUNDAÇÃO AMAZONAS SUSTENTÁVEL – FAS. Programa Bolsa Floresta. Plataforma Bolsa Floresta. 2018. Disponível em: <<http://www.mapas.fas-amazonas.org/>>. Acessado em: 13 jun. 2018.

GERTLER, P. J.; MARTINEZ, S.; PREMAND, P.; RAWLINGS, L. B.; VERMEERSCH, C. M. J. 2015. **Avaliação de Impacto na Prática**. doi:10.1596/978-14648-0088-7. Banco Mundial, Washington, D.C. Licença: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, 3ª edição, 2000.

HANIF, A. et al. Livelihood Improvements Through Agroforestry: Evidence from Northern Bangladesh. **Small-scale Forestry**, v. 17, n. 4, p. 505–522, 2018.

HARRIS, N. L. et al. Baseline map of carbon emissions from deforestation in Tropical Regions. **Science**, v. 336, p. 1573–1576, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA). Censo agropecuário 2006. 2016. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 20 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro, IBGE, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=264529>>. Acesso em 24 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA: 2000 – 2010 – 2012, 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/cobertura\\_e\\_uso\\_da\\_terra/mudancas/documentos/mudancas\\_de\\_cobertura\\_e\\_uso\\_da\\_terra\\_2000\\_2010\\_2012\\_2014.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/mudancas/documentos/mudancas_de_cobertura_e_uso_da_terra_2000_2010_2012_2014.pdf)>. Acesso em 20 mar. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA). Censo demográfico 2000 e 2010. 2017. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 20 mar. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Coordenação Geral de Observação da Terra - OBT. Projeto PRODES: monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Base de dados macroeconômico, regional e social (Ipeadata). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acessado em 19 mar. 2017.

JIAO, X.; SMITH-HALL, C.; THEILADE, I. Rural household incomes and land grabbing in Cambodia. **Land Use Policy**, v. 48, p. 317–328, 2015.

JONES, K. W.; LEWIS, D. J. Estimating the counterfactual impact of conservation programs on land cover outcomes: The role of matching and panel regression techniques. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, p. 1–22, 2015.

KEBEBE, E.; SHIBRU, F. Impact of alternative livelihood interventions on household welfare: Evidence from rural Ethiopia. **Forest Policy and Economics**, v. 75, p. 67–72, 2017.

LAN, J.; YIN, R. Research trends: Policy impact evaluation: Future contributions from economics. **Forest Policy and Economics**, v. 83, n. July, p. 142–145, 2017.

LEE, D. S.; LEMIEUX, T. Regression Discontinuity Designs in Economics. **Journal of Economic Literature**, v. 48, n. 1, p. 281–355, 2010.

LUINTEL, H. et al. The Effect of the Nepal Community Forestry Program on Equity in Benefit Sharing. **Journal of Environment and Development**, v. 26, n. 3, p. 297–321, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Programa Bolsa Verde. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/bolsa-verde>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Quarto Relatório para a convenção sobre a diversidade biológica**. Brasília: MMA, 2011. 248p.

MIRANDA, J. J. et al. Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities: Evidence from the Peruvian Amazon. **World Development**, v. 78, p. 288–307, 2016.

MUTUNE, J. M.; LUND, J. F. Unpacking the impacts of “participatory” forestry policies: Evidence from Kenya. **Forest Policy and Economics**, v. 69, p. 45–52, 2016.

PAES, Â. T. Uso de escores de propensão para corrigir diferenças entre grupos. **Revista Educação Continuada em Saúde Einstein**, v. 10, n. 3, p. 103–104, 2012.

POCOL, C. B. et al. Has the Leader Programme Been Effective in Promoting Local Rural Development? an Evaluation on Two Romanian Regions. **AgroLife Scientific Journal**, v. 6, n. 1, 2017.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro (IDHM). Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. 96 p. – (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013).

RAHUT, D. B.; ALI, A.; BEHERA, B. Household participation and effects of community forest management on income and poverty levels: Empirical evidence from Bhutan. **Forest Policy and Economics**, v. 61, p. 20–29, 2015.

RASOLOFOSON, R. A. et al. Effectiveness of Community Forest Management at reducing deforestation in Madagascar. **Biological Conservation**, v. 184, p. 271–277, 2015.

RE, G. A. et al. Polyphenolic composition and antioxidant capacity of legume-based swards are affected by light intensity in a Mediterranean agroforestry system. **J. Sci. Food Agric.**, n. 99, p. 191–198, 2019.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.

SANTOS, P. F. et al. Os Impactos do Programa Municípios Verdes (PMV) no Controle do Desmatamento da Amazônia: uma análise usando propensity score matching. **Economia-Ensaio**, v. 30, n. 2, p. 35–64, 2016.

SCHLEICHER, J. et al. Conservation performance of different conservation governance regimes in the Peruvian Amazon. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–10, 2017.

SCHMITT, C. B.; BURGESS, N. D.; COAD, L.; BELOKUROV, A.; BESANÇON, C.; BOISROBERT, L.; CAMPBELL, A.; FISH, L.; GLIDDON, D.; HUMPHRIES, K.; KAPOV, V.; LOUCKS, C.; LYSENKO, I.; MILES, L.; MILLS, C.; MINNEMEYER, S.; PISTORIUS, T.; RAVILIOUS, C.; STEININGER, M.; WINKEL, G. Global analysis of the protection status of the world's forests. **Biological Conservation**, v. 142, n. 10, p. 2122–2130, 2009.

SILLS, E. O.; CAVIGLIA-HARRIS, J. L. Evaluating the long-term impacts of promoting “green” agriculture in the Amazon. **Agricultural Economics**, v. 46, p. 83–102, 2015.

TWONGYIRWE, R.; BITHELL, M.; RICHARDS, K. S. Revisiting the drivers of deforestation in the tropics: Insights from local and key informant perceptions in western Uganda. **Journal of Rural Studies**, v. 63, p. 105–119, 2018.

VIANA, V. Bolsa Floresta: um instrumento inovador para a promoção da saúde em comunidades tradicionais. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, p. 143–153, 2008.

WIENS, J. J.; PYRON, R. A.; MOEN, D. S. Phylogenetic origins of local-scale diversity patterns and the causes of Amazonian megadiversity. **Ecology Letters**, v. 14, n. 7, p. 643–652, 2011.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 4ª edição, 2014.

WORLD BANK, 2016. World Development Indicators 2016. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/products/wdi>>. Acesso em: 12 de jun. 2018.

WUNDER, S.; ANGELSEN, A.; BELCHER, B. Forests, Livelihoods, and Conservation: Broadening the Empirical Base. **World Development**, v. 64, n. S1, p. S1–S11, 2014.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa revelaram que, mesmo durante uma década de profundas mudanças políticas, sociais, econômicas e ambientais, da história recente do Brasil, a melhoria nos indicadores socioeconômicos, dos seus municípios, foi efêmera, favoreceu a desigualdade na renda e foi baseada, pelo menos em parte, no desflorestamento. Apesar destes efeitos negativos, os resultados também evidenciaram que com o aumento na eficiência agropecuária e com políticas públicas adequadas, voltadas essencialmente ao uso parcimonioso dos recursos naturais e à população mais desfavorecida, é possível desenvolver socialmente e economicamente o país, de forma menos desigual e mais duradoura, sem a perda expressiva das suas florestas. Tudo isso podendo ser caracterizado por 10% dos municípios do país, selecionados preferencialmente para cada região geográfica do Brasil. Sob esta ótica, o fortalecimento das instituições públicas e/ou privadas, de pesquisa e de extensão em agricultura e em pecuária, pode ser um dos possíveis caminhos para um desenvolvimento social e econômico do país de forma mais sustentável e desvinculado do desflorestamento.

Neste estudo também ficou evidenciado que a partir dos dados oficiais de um país, disponibilizados, por instituições governamentais, de forma pública e gratuita, é possível realizar uma análise de abrangência nacional do desenvolvimento social, econômico e ambiental de uma nação heterogênea e de dimensões continentais como o Brasil. Questões relacionadas à dependência do desenvolvimento ao uso intensivo dos recursos florestais, bem como a possibilidade de se desenvolver sem necessariamente haver um excessivo desflorestamento, puderam ser respondidas nesta pesquisa. Neste caso, o desenvolvimento dos municípios brasileiros ainda foi dependente do desflorestamento, mas, a maior eficiência na agropecuária e uma adequada política pública, como a do Programa Bolsa Floresta, do estado do Amazonas, mostram que existe a possibilidade de minimizar esta dependência. Apesar destes resultados serem promissores, os dados disponíveis que subsidiaram esta pesquisa lhe conferem algumas limitações. Por exemplo, dez anos é um período relativamente curto para avaliar o desenvolvimento de um país de mais de cinco séculos de história. Além disso, o desflorestamento é um fenômeno que depende da sua localização e por isso assumir que as observações são independentes nem sempre é válido. Desta forma, pesquisas futuras sobre esta temática poderiam considerar um maior período de análise e utilizar técnicas da econometria espacial, que incluiriam no modelo econométrico a heterogeneidade regional, muitas vezes, inerente a fenômenos como o desflorestamento.