

ISSN 2318-2377



TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 494

**DESMATAMENTO E A CONTRIBUIÇÃO ECONÔMICA
DA FLORESTA NA AMAZÔNIA**

Terciane Sabadini Carvalho

Aline Souza Magalhães

Edson Paulo Domingues

Agosto de 2013

Universidade Federal de Minas Gerais

Clélio Campolina Diniz (Reitor)

Rocksane de Carvalho Norton (Vice-reitora)

Faculdade de Ciências Econômicas

Reynaldo Maia Muniz (Diretor)

Paula Miranda-Ribeiro (Vice-diretora)

Centro de Desenvolvimento e Planejamento

Regional (Cedeplar)

Hugo Eduardo Araujo da Gama Cerqueira (Diretor)

Cássio Maldonado Turra (Vice-diretor)

Simone Wajnman (Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Demografia)

Frederico Gonzaga Jayme Jr. (Coordenador do Programa de Pós-graduação em Economia)

Eduardo Luiz Gonçalves Rios-Neto (Chefe do Departamento de Demografia)

Ana Maria Hermeto Camilo de Oliveira (Chefe do Departamento de Ciências Econômicas)

Editores da série de Textos para Discussão

Dimitri Fazito de Almeida Rezende (Demografia)

Gustavo Britto (Economia)

Secretaria Geral do Cedeplar

Maristela Dória (secretária-geral)

Simone Basques Sette (editoração)

<http://www.cedeplar.ufmg.br>

Textos para Discussão

A série de Textos para Discussão divulga resultados preliminares de estudos desenvolvidos no âmbito do Cedeplar, com o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários e críticas da comunidade científica antes de seu envio para publicação final. Os Textos para Discussão do Cedeplar começaram a ser publicados em 1974 e têm se destacado pela diversidade de temas e áreas de pesquisa.

Ficha catalográfica

C331 Carvalho, Terciane Sabadini.
d Desmatamento e a contribuição
2013 econômica da floresta na Amazônia /
Terciane Sabadini Carvalho, Aline Souza
Magalhães, Edson Paulo Domingues. -
Belo Horizonte : UFMG/CEDEPLAR, 2013.
34 p. : il. - (Texto para discussão, 494)

Inclui bibliografia (p. 25-29) e
apêndice.

ISSN 2318-2377

1.Desenvolvimento regional -
Amazônia legal - 2006-2011. 2.Amazônia
legal - Condições econômicas - 2006-2011.
3.Desmatamento - Amazônia legal.
I.Magalhães, Aline Souza II.Domingues,
Edson Paulo. III.Universidade Federal de
Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento
e Planejamento Regional. IV.Título. V.Série.

CDD: 338.9813

Elaborada pela Biblioteca da FACE/UFMG -
JN082/2013

As opiniões contidas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo necessariamente o ponto de vista do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas ou da Universidade Federal de Minas Gerais. É permitida a reprodução parcial deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são expressamente proibidas.

Opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect views of the publishers. The reproduction of parts of this paper or of data therein is allowed if properly cited. Commercial and full text reproductions are strictly forbidden.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

DESMATAMENTO E A CONTRIBUIÇÃO ECONÔMICA DA FLORESTA NA AMAZÔNIA

Terciane Sabadini Carvalho

Doutoranda em Economia pelo Cedeplar/UFMG.

Aline Souza Magalhães

Doutora em economia pelo Cedeplar/UFMG

Edson Paulo Domingues

Professor Associado, Cedeplar e FACE-UFMG

**CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2013**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA	9
2.1. O Modelo EGC-AMAZÔNIA: estrutura teórica.....	10
3. BASE DE DADOS	11
3.1. Modo de Operação do Modelo e Simulações.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
4.1 Resultados Microrregionais.....	15
4.1.1. Expansão na oferta de terra entre 2006 e 2011: a contribuição do desmatamento	15
4.1.2. Política de controle de desmatamento 2012-2020	17
4.2. Resultados agregados para o Brasil e Amazônia Legal	20
4.2.1. Expansão na oferta de terra entre 2006 e 2011	20
4.2.2. Política de controle de desmatamento 2012-2020	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
APÊNDICE – ESTRUTURA DO MODELO EGC-AMAZÔNIA	30
Estrutura de produção CES	30
Demanda das famílias	31
Demanda por investimento e índices.....	32
Demandas por investimento de setores específicos	33
Composição do trabalho por tipo	33
Demanda por fatores primários	33

RESUMO

Este artigo analisa a contribuição da floresta desmatada para a economia da Amazônia Legal entre 2006 e 2011, assim como os efeitos de uma política de controle do desmatamento entre 2012 a 2020. Para isso, utilizou-se o modelo de equilíbrio geral computável (EGC) inter-regional EGC-AMAZÔNIA, construído para capturar as especificidades e heterogeneidade da região. As estimativas da contribuição econômica do desmatamento para o crescimento das regiões da Amazônia permitiriam avaliar o custo relativo de políticas públicas, estimando o valor implícito do desmatamento na dinâmica econômica. Os resultados das simulações indicam uma contribuição positiva, embora pequena, do desmatamento entre 2006 a 2011 para o crescimento econômico da Amazônia de 0,3% sobre o PIB total. Este resultado é reforçado pelos impactos econômicos de uma política hipotética de controle do desmatamento, que sugerem uma perda apenas marginal sobre o crescimento econômico das regiões.

Palavras-chave: equilíbrio geral computável, Amazônia, desmatamento

Classificação JEL: Q15; C68; Q58

ABSTRACT

This paper analyzes the contribution of the forest cleared for the Amazon economy between 2006 and 2011, as well as the effects of a policy of controlling deforestation between 2012 and 2020. For this, we used the interregional computable general equilibrium model (CGE) CGE-AMAZON, built to capture the specificities and heterogeneity of the region. Estimates of the economic contribution of deforestation to the growth of the Amazon would allow assessing the relative cost of public policies, estimating the implicit value of deforestation in economic dynamics. The simulation results indicate a positive contribution of deforestation between 2006 and 2011 for the Amazon economic growth of 0.3% on the total GDP. This result is reinforced by the economic impacts of a hypothetical policy of controlling deforestation, suggesting a marginal loss of economic growth in the regions.

Key-words: computable general equilibrium, Amazon, deforestation

JEL Classification: Q15; C68; Q58

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia Brasileira tem atraído a atenção de pesquisadores e do poder público, em suas diversas esferas, em torno de medidas e políticas que envolvem tanto sua aferição como controle. Dada sua grande biodiversidade, a floresta Amazônica tem sido também pauta de discussões da comunidade internacional, notadamente diante do crescente debate sobre as causas e consequências das mudanças climáticas globais. Além da importância da conservação de um dos maiores biomas de diversidade ecológica (PERES *et al.*, 2010) e, abrigando a maior área de floresta primária do mundo, 35% do total mundial (FAO, 2010), a região se tornou alvo de políticas de redução de desmatamento por ser uma importante medida para a mitigação das emissões de Gases de efeito Estufa (GEE), uma vez que a maior parte das emissões no Brasil (cerca de 60% das emissões totais) provém da mudança no uso do solo e florestas (MCT, 2010)¹.

O processo de desmatamento da Amazônia Legal brasileira data notadamente da década de 70 com o início da ocupação da região que incentivou um processo migratório e um consequente adensamento urbano (FERREIRA e SALATI, 2005; BECKER, 2005). Segundo Reis e Margullis (1991) essa expansão foi motivada pela facilidade de crédito, abundância de terras e pelos incentivos fiscais; e reforçada pela relação positiva entre a criação de corredores de acesso à região, a migração e a especulação fundiária. Além disso, a legislação brasileira teria estimulado, de certo modo, o desmatamento, à medida que a reivindicação de terra se dava a partir da comprovação produtiva de seu uso.

Esta relação entre migração e criação de corredores de acesso à região a partir da abertura de estradas é apontado como um dos principais determinantes do desmatamento (ANDERSEN e REIS, 1997; PFAFF, 1997; NEPSTAD *et al.*, 2001; SOARES-FILHO *et al.*, 2005). Os resultados encontrados em Nepstad *et al.* (2001), por exemplo, indicaram que três quartos do desmatamento entre 1978 e 1994 ocorreu dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR 010 (Belém-Brasília), BR 364 (Cuiabá-Porto Velho) e PA 150. A densidade demográfica, neste sentido, também contribuiu, representando uma das forças motrizes do desmatamento (PFAFF, 1997; IGLIORI, 2008).

Estudos sobre a ocupação da Amazônia retratam que, no processo de ocupação de terras da região, pequenos proprietários de terra foram expandindo a fronteira agrícola, sendo, posteriormente, substituídos por uma segunda geração de proprietários, com maior capitalização e ocupando áreas maiores (SOUZA *et al.*, 2012). Ao mesmo tempo, essa dinâmica forçou os pequenos agricultores a procurarem novas áreas de ocupação, abrindo assim novas fronteiras para o desmatamento. Neste contexto, a insegurança sobre os direitos de propriedade e regularização das terras (MENDELSON, R., 1994, FEARNSIDE, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2009), juntamente com políticas fiscais e creditícias, contribuíram para esse processo de expansão da fronteira agrícola (BINSWANGER, 1991; WALKER *et al.*, 2000; MARGULLIS, 2003; MERTENS *et al.*, 2002).

¹ A mudança do uso do solo pode ser entendida como a conversão de florestas em áreas para outros fins, como pastagens, agricultura ou outra forma de uso da terra. O processo de desmatamento implica liberação de grande quantidade de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera, principalmente através das queimadas e decomposição dos resíduos e liberação do solo. Somente na Amazônia brasileira, na última década, o desmatamento foi responsável pela liberação média de cerca de 200 milhões de toneladas de carbono anuais (3% do total das emissões globais), não incluindo as emissões por incêndios florestais (HOUGHTON, 2005). Por outro lado, estudos sugerem que a redução nas taxas de desmatamento seria um meio de menor custo para conter as emissões de CO₂, comparado ao custo da redução do consumo de combustíveis fósseis nos países mais desenvolvidos (NORDHAUS, 1991).

Muitos trabalhos indicam que a pecuária em larga escala é ainda o fator mais relevante (CHOMITZ e THOMAS, 2001; MARGULIS, 2003; FEARNSIDE, 2005; CASTRO, 2005; MIRAGAYA, 2008; RIVERO *et al.*, 2009; BARONA *et al.*, 2010; OLIVEIRA Jr. *et al.*, 2010). Segundo Aguiar *et al.* (2007), a área convertida em pastos corresponde a cerca de 70% da área total desmatada na região, que atrelada à baixa produtividade foi responsável por estender o arco do desmatamento (CHOMITZ e THOMAS, 2001).

Contudo, a expansão da agricultura mecanizada para a produção de grãos, com especial destaque para a soja e o milho, tem aumentado sua importância no processo recente de expansão da fronteira agrícola em direção às áreas de florestas (JARAMILLO e KELLY, 1999; CASTRO, 2005; FEARNSIDE, 2005; BICKEL e DROSS, 2003; CARVALHO *et al.*, 2002). Estudos indicam que, em termos relativos, a agricultura estaria se expandindo a uma taxa maior do que a pecuária (MORTON *et al.*, 2006; MERTENS *et al.* 2002; KAIMOWITZ *et al.*, 2004). A área de desmatamento na fronteira agrícola, segundo os autores, foi, em média, o dobro da área para as pastagens, e tal conversão ocorreu muito rapidamente. Não obstante, a soja se expandiu em áreas antes ocupadas por pastagens, e, que por isso, não representaria um processo de desmatamento novo (MUELLER, 2003; ALENCAR *et al.*, 2004; LAURANCE *et al.*, 2004; BRANDÃO *et al.*, 2005).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em agosto de 2011 a área total desmatada² na Amazônia Legal Brasileira³ alcançou aproximadamente 750 mil km², o que representa cerca de 15% de sua área geográfica. A maior parte do desmatamento, em torno de 570 mil km² foi observada entre 1977 e 2004. Ao longo da década de 1990, as taxas anuais de desmatamento situaram-se em torno dos 17 mil km² com ascensão vertiginosa na década de 2000, quando o desmatamento anual alcançou 27 mil km² em 2004 (SOARES-FILHO *et al.*, 2009). Contudo, desde 2004, o ritmo de desmatamento tem declinado, situando-se em 5,7 mil km² em 2011, a menor área desmatada medida pelo Programa de Observação do Desmatamento – PRODES (INPE, 2009). Essa queda pode ser associada à influência de fatores econômicos, como a redução dos preços internacionais da soja e da carne e a valorização do Real que desestimulou as exportações. Outro fator para a queda do desmatamento seria o aumento da fiscalização a partir de 2004, com a implementação pelo Governo Federal de programas como o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia⁴ (SOARES-FILHO *et al.*, 2009, ASSUNÇÃO *et al.*, 2012).

O Gráfico 1 ilustra a evolução do desmatamento anual para a Amazônia Legal como um todo e para os estados que a compõem, com destaque para a queda na taxa de desmatamento a partir de 2004. O desmatamento na região é concentrado no chamado “arco do desmatamento”, que compreende o sudeste do Maranhão, norte do Tocantins, sul do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia,

² Todavia, deve-se explicar o que se considera como terras “desmatadas”. Tradicionalmente, o desmatamento na Amazônia tem sido definido como “a destruição completa e permanente da floresta” para permitir usos alternativos da terra. Isso reflete uma visão de grande parte da literatura que foca na mudança do uso da terra, reconhecendo que a tendência do desmatamento na Amazônia é guiada pela demanda por novas áreas para cultivo ou pasto, diferente do predomínio da demanda por madeira, que ocorre em grande parte da Ásia, ou lenha, como em parte da África (GEIST e LAMBIN, 2002).

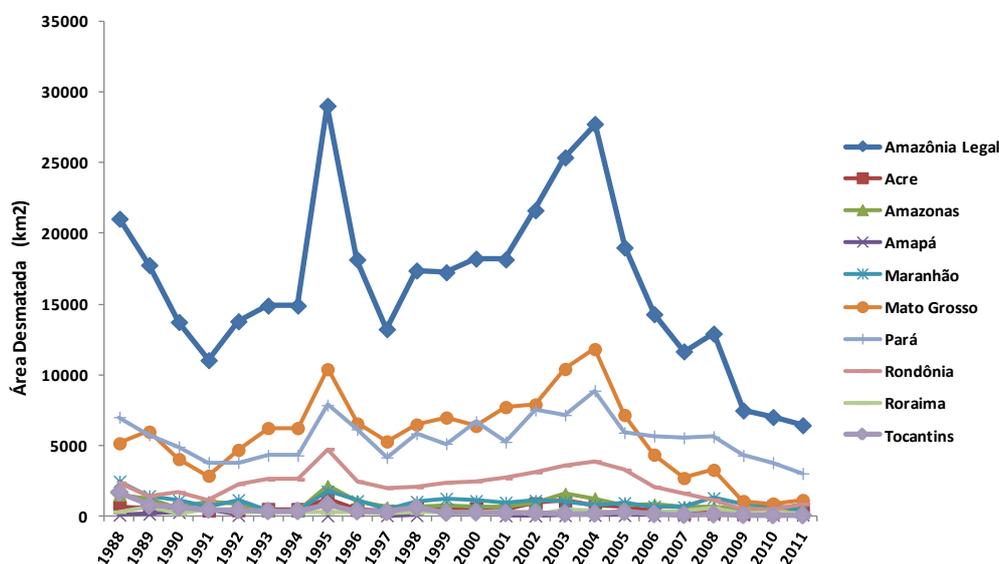
³ A Amazônia Legal Brasileira foi instituída por lei (em 1953 no governo Vargas) para fins de planejamento econômico da região amazônica, englobando os Estados do Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), além do Estado do Mato Grosso e oeste do Maranhão, representando cerca de 60% do território brasileiro.

⁴ O Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) - lançado em 2004 como resposta governamental às crescentes taxas de desmatamento na Amazônia - tem como objetivo promover a redução das taxas de desmatamento por meio de um conjunto de ações integradas de ordenamento territorial e fundiário, monitoramento e controle ambiental, fomento a atividades produtivas sustentáveis, envolvendo parcerias entre órgãos federais, governos estaduais, prefeituras, entidades da sociedade civil e o setor privado.

sul do Amazonas e sudeste do Acre (FERREIRA *et al.* 2005). Entre 2009 e 2011, cerca de 70% do desmatamento observado no período se concentrou nos estados do Pará e Mato Grosso. O primeiro tem se situado como o estado de maior desmatamento desde 2005, posto ocupado até então pelo estado do Mato Grosso.

Nesse contexto de redução de desmatamento e negociações de renovação do Protocolo de Quioto, o governo brasileiro apresentou na COP 15⁵, realizada em dezembro de 2009 em Copenhague, metas nacionais voluntárias de reduções de emissões de GEE até 2020 (reduções entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020)⁶, propondo como principal meio, diminuir a taxa de desmatamento da Amazônia em 80% nesse período (redução estimada de 564 milhões de toneladas de CO₂).

GRÁFICO 1
Evolução do desmatamento anual (1988- 2011)
Km²/ano



Fonte: Prodes (INPE).

Parece bastante relevante, dessa forma, investigar aspectos de um provável *trade off* entre os objetivos de conservação ambiental (redução do desmatamento) e de crescimento econômico na Amazônia Legal. Estimativas da contribuição econômica do desmatamento para o crescimento das regiões da Amazônia Legal permitiriam avaliar, por exemplo, o custo relativo de políticas públicas, como o pagamento de serviços ambientais ou de créditos de carbono por emissões evitadas de GEE. Desse modo, procura-se estimar o valor implícito do desmatamento para a dinâmica econômica das regiões da Amazônia Legal. Estas estimativas são feitas observando-se dois cenários: o desmatamento efetivo na região, de 2006 a 2011; e políticas hipotéticas de controle do desmatamento entre 2012 e 2020.

⁵ A COP 15 foi a Conferência das Partes, realizada pela UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, de 7 a 18 de dezembro de 2009, em Copenhague (Dinamarca), em que ONGs, empresas e pessoas interessadas discutiram como o mundo pode resolver a ameaça do aquecimento global.

⁶ Estas metas foram definidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), aprovada pelo Congresso Nacional (Lei no 12.187) em 2009.

O objetivo deste estudo é estudar como o desmatamento pode ter contribuído para a economia da Amazônia Legal, considerando sua heterogeneidade setorial e regional. Assim, estima-se a contribuição econômica das áreas desmatadas para o crescimento econômico das regiões na Amazônia Legal em um período recente (2006 a 2011). Posteriormente, são realizadas simulações capturando os impactos econômicos que uma política hipotética de redução do desmatamento teria sobre a economia das regiões da Amazônia Legal. Os números obtidos neste tipo de análise, inéditos para a economia brasileira, podem ser um subsídio para a elaboração de políticas públicas de controle do desmatamento na Amazônia. A metodologia utilizada é a de simulações com a utilização de um modelo de equilíbrio geral computável inter-regional para a economia brasileira, especialmente construída para as regiões da Amazônia.

Este artigo está dividido em mais quatro seções, além desta introdução. A primeira seção discute a metodologia aplicada ao estudo e a estrutura teórica do modelo EGC-AMAZÔNIA. A segunda seção apresenta a base de dados utilizada, o modo de operação do modelo e a descrição das simulações realizadas. Em seguida, têm-se as discussões e análises dos resultados. E por fim, tecem-se as considerações finais.

2. METODOLOGIA

O EGC-AMAZÔNIA é um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) *bottom-up* para as 103 microrregiões da Amazônia Legal (Amazônia) e restante do Brasil. Trata-se do primeiro modelo EGC para as microrregiões brasileiras da Amazônia, trazendo aperfeiçoamentos tanto na sua base de dados como especificação teórica⁷. O modelo permite analisar como o desmatamento e políticas de controle podem afetar a região da Amazônia em termos setoriais, regionais e macroeconômicos.

Podem-se destacar duas categorias de modelos que têm sido aplicados aos estudos que investigam os impactos econômicos do desmatamento (e seus determinantes) e das mudanças no uso da terra. A primeira categoria consiste em modelos de equilíbrio parcial, que segundo Mattei (2007), são utilizados para avaliar os efeitos de políticas agrícolas, comerciais ou climáticas no setor agrícola ou florestal, e/ou estudarem os determinantes do desmatamento e das mudanças no uso da terra através de uma mudança exógena nos preços dos produtos agrícolas. No entanto, os modelos de equilíbrio parcial são limitados, pois não consideram como a política afetaria os preços relativos dos insumos e produtos e não conseguem apresentar a distribuição dos impactos econômicos pelos setores e regiões de uma economia.

Nesse caso, existe uma segunda categoria que são os modelos de equilíbrio geral computável (ou aplicado), entre os quais se destacam estudos que incorporaram o uso da terra de forma explícita, seja em modelos globais (DARWIN *et al.*, 1995), modelos para o Brasil (FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2011) e mais especificamente, aqueles que abordam o desmatamento na Amazônia

⁷ O desenvolvimento do modelo se deu no âmbito das pesquisas do Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada (NEMEA) do Cedeplar-UFMG. O NEMEA conta com a participação de professores e alunos da pós-graduação do curso de Economia do Cedeplar coordenado pelo professor Edson Domingues. O modelo servirá também como base para pesquisas no âmbito do projeto Urbis Amazônia, coordenado pelo INPE e do qual participam professores e pesquisadores do Cedeplar-UFMG.

(CATTANEO, 2001 e PATTANAYAK *et al.*, 2010). Cattaneo (2001) examinou a relevância de um conjunto de variáveis mencionadas na literatura como responsáveis pelo desmatamento da Amazônia utilizando um modelo EGC estático regional (Amazônia, Centro-Oeste, Nordeste, restante do Brasil). Entre as simulações realizadas tem-se: i) desvalorizações na taxa de câmbio real entre 5% a 40%, ii) abolição dos subsídios agrícolas em todo o país, e iii) uma redução dos custos de transporte. Seu trabalho concluiu que existe um significativo *trade-off* entre a conservação da floresta e o crescimento da agricultura.

Pattanayak *et al.* (2010) analisaram uma política conhecida como FLONAS, que objetiva expandir em 50 milhões de hectares o sistema nacional de florestas do Brasil, e seus impactos na saúde e na riqueza por meio de um modelo EGC dinâmico de 2010 a 2050. Os principais resultados mostraram que a conservação da floresta se contrapõe aos impactos negativos causados na saúde pelas mudanças climáticas. Entretanto, causa uma pequena perda no PIB e também em outros indicadores (investimentos, exportações e importações). Em relação aos modelos mencionados, o modelo EGC-AMAZÔNIA se diferencia por sua detalhada desagregação regional, 103 microrregiões da Amazônia e restante do Brasil. Pelo que se sabe da literatura, é o modelo com maior detalhamento regional construído para estudar questões relacionadas à Amazônia.

2.1. O Modelo EGC-AMAZÔNIA: estrutura teórica

O ponto de partida da especificação O EGC-AMAZÔNIA é um modelo multirregional *bottom-up* do tipo Johansen, em que a estrutura matemática é representada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento. Nessa tradição de modelagem também estão outros trabalhos para a economia brasileira, como os modelos PAPA (GUILHOTO, 1995), B-MARIA (HADDAD, 1999), EFES (HADDAD e DOMINGUES, 2001) e SPARTA (DOMINGUES, 2002).

O EGC-AMAZÔNIA é composto por blocos de equações que determinam relações de demanda e oferta, de acordo com hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesses blocos, como nível de emprego agregado, PIB, saldo comercial e índices de preços. Os setores produtivos minimizam os custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala em que as combinações de insumos intermediários e fator primário (agregado) são determinados por coeficientes fixos (Leontief). Há substituição via preços entre produtos domésticos e importados na composição dos insumos via função de elasticidade de substituição constante (CES). Uma especificação CES também controla a alocação do composto doméstico entre as diversas regiões. Também ocorre substituição entre capital, trabalho e terra na composição dos fatores primários por meio de funções CES, entretanto o fator terra está alocado apenas nos setores de Agricultura e Pecuária.

Os produtos de uma determinada região direcionados para outra são compostos pelos valores básicos e pelas margens de comércio e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, produto e fonte (doméstico ou importado). As margens sobre os produtos de uma região para outra podem ser produzidas em diferentes regiões. Espera-se que as

margens sejam distribuídas mais ou menos equitativamente entre origem e destino, ou entre regiões intermediárias no caso de transporte entre regiões mais distantes. Existe substituição nos fornecedores de margem de acordo com uma função CES.

No modelo, há uma família representativa para cada microrregião, que consome bens domésticos (das microrregiões) e bens importados. A escolha entre domésticos e importados (de outros países) é realizada por uma especificação CES (hipótese de Armington⁸). O tratamento da demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES)⁹, no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

Não existe no modelo relação fixa entre capital e investimento e essa relação é escolhida de acordo com os requisitos específicos da simulação. As exportações setoriais respondem à curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional, adotando-se a hipótese de país pequeno no comércio internacional. Não há uma teoria para o mercado de trabalho e a relação entre emprego e salários é escolhida conforme os objetivos da simulação. O consumo do governo e a terra, considerado um fator de produção fixo, são exógenos. Como existe substituição entre os fatores primários terra, trabalho e capital, a demanda por terra aumenta em relação aos outros fatores se o seu preço se torna relativamente mais baixo. Portanto, sendo a terra exógena, seu preço se ajusta para equilibrar o mercado de terra.

O EGC-AMAZÔNIA opera com equilíbrio de mercado para todos os bens, tanto domésticos quanto importados, assim como no mercado de fatores (capital, terra e trabalho) em cada microrregião. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso em cada microrregião (produtores, investidores, famílias, exportadores, e governo) são a soma dos valores básicos e dos impostos sobre vendas (diretos e indiretos) e margens (de comércio e transporte). Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad-valorem* sobre os fluxos básicos. As demandas por margens (transporte e comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas.

3. BASE DE DADOS

A base de dados do modelo EGC-AMAZÔNIA foi construída por meio de um processo de regionalização da matriz de insumo-produto nacional de 2005. O procedimento partiu da metodologia proposta em Horridge (2006), adaptada para o caso brasileiro. A partir dos dados da matriz de insumo-produto de 2005 (110 setores e 110 produtos) e de um grande conjunto de indicadores regionais estimou-se uma matriz de comércio inter-regional por meio de uma série de fórmulas

⁸ Hipótese de Armington - bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.

⁹ O LES é adequado para amplos agregados de bens onde substituições específicas não são consideradas. Isto é, elasticidades de preços-cruzados são iguais ao efeito renda dado na equação de Slutsky sem qualquer contribuição dos efeitos de preço-cruzado [ver Chiang (1974), p.400]. Isso implica que todos os bens são complementares fracos. O sistema linear de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (i.e., elasticidades renda negativas).

utilizando uma matriz de distâncias e uma abordagem gravitacional. A principal hipótese da abordagem gravitacional¹⁰ é que o comércio inter-regional está baseado na distância entre as regiões e na interação derivada do tamanho de suas economias.

Detalhes do procedimento de construção da base de dados do modelo estão em Carvalho, Magalhães e Domingues (2012). O resultado desse procedimento é a total consistência da base de dados com os dados oficiais das Contas Regionais, Contas Nacionais, Matriz de Insumo-Produto, informações do IBGE; e Comércio Exterior (SECEX), Produção Industrial (PIA) e Emprego (RAIS).

Um dos componentes mais importantes da base de dados para as simulações deste trabalho são a remuneração e uso do fator terra por microrregião na Amazônia Legal. No modelo, o fator terra foi alocado para os setores agricultura e pecuária. A remuneração do fator terra foi obtida a partir dos dados das “Despesas realizadas pelos estabelecimentos – Arrendamento de terras” do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE)¹¹.

3.1. Modo de Operação do Modelo e Simulações

Esta seção apresenta o fechamento do modelo, isto é, as hipóteses adotadas nas simulações. O modelo EGC-AMAZÔNIA possui 26.884 equações e 55.315 variáveis, sendo 28.431 variáveis determinadas exogenamente. O fechamento define as variáveis que serão determinadas exogenamente e endogenamente nas simulações. Modelos EGC usualmente adotam dois tipos de fechamento, adotando diferentes hipóteses para as variáveis econômicas de acordo com o objeto de estudo. A principal diferença entre os fechamentos está no tratamento do ajuste do estoque de capital e investimento, e no mercado de trabalho. Como o horizonte para as simulações é o período 2006 a 2020, optou-se por utilizar um fechamento específico que se adapta às hipóteses e problemas desta análise.

Portanto, as seguintes hipóteses foram adotadas: i) a oferta de capital é endógena em todos os setores e regiões, com taxas de retorno fixas; ii) o emprego é endógeno e o salário real é exógeno em todas as regiões; iii) a oferta regional do fator terra é exógena e o preço da terra determinado endogenamente (os choques nas simulações alteram a oferta de terra); iv) o investimento nacional é endógeno, obtido pela soma dos investimentos setoriais regionais, v) o consumo real das famílias é endógeno, determinado pela variação da renda do trabalho em cada microrregião, vi) o consumo do governo é exógeno; vii) as exportações respondem endogenamente ao custo de produção e as importações aos preços relativos e nível de atividade. Assim, o saldo comercial como proporção do PIB é endógeno.

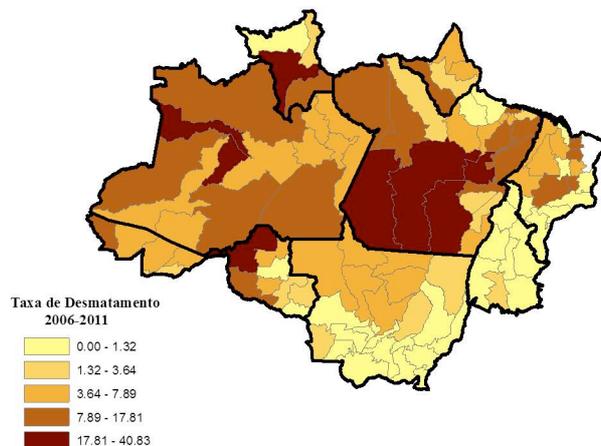
¹⁰ Uma difundida justificativa teórica à ideia de que os fluxos bilaterais de comércio dependem positivamente da renda das regiões e negativamente da distância entre elas baseia-se em um modelo de comércio desenvolvido por Krugman (1980). Um maior detalhe do método e algumas aplicações podem ser vistos em Miller e Blair (2009).

¹¹ A divisão dessa informação entre pecuária e agricultura foi feita de acordo com os valores de arrendamento de terras por grupo de atividade. Por exemplo, para a agricultura foram somados os valores de arrendamento dos grupos: produção de lavoura temporária, horticultura e floricultura, produção de lavouras permanentes, sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal e produção florestal. Já para a pecuária foram somados os valores de arrendamento da pecuária e criação de outros animais, pesca e aquicultura. Como a base de dados do modelo é 2005, foi aplicado um deflator para que os valores monetários do Censo se equiparassem aos da matriz de insumo-produto. Assim obteve-se a remuneração da terra em termos nacionais para agricultura e pecuária. O último passo foi dividir a remuneração da terra por microrregião e para isso considerou-se que o valor da mesma é proporcional à produção da agricultura e pecuária em cada região.

A primeira simulação representa uma expansão no uso/oferta de terra na Agricultura e Pecuária para as regiões da Amazônia Legal. Assim, para cada microrregião da Amazônia Legal (103 regiões), os choques foram calculados utilizando dados de área desmatada em relação à área ocupada pela agropecuária no período de 2006 a 2011 (Figura 1). A área desmatada foi obtida através de dados do INPE (INPE, 2011) de desmatamento anual e a área ocupada pelas atividades de Agricultura e Pecuária pelos dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2006). Observa-se, pela Figura 1, que as regiões que apresentaram a maior taxa de desmatamento foram Altamira, São Félix do Xingu, Itaituba, Caracará e Japurá.

A segunda simulação avalia o impacto de uma política de controle de desmatamento na Amazônia entre 2012 e 2020. O choque representa uma política de controle de desmatamento em que cada microrregião pode alcançar entre 25% a 100% de redução do desmatamento projetado no cenário de Bittencourt (2011)¹². Como o modelo de Bittencourt (2011) apresenta a tendência do desmatamento em km² de 2008 a 2020, foram utilizados dados do INPE (2011) de ocupação e uso do solo para 2008 como base de referência para a área ocupada pela agricultura e pecuária.

FIGURA 1
Taxa de desmatamento regional 2006-2011 (var. % acumulado em relação à área ocupada pela agropecuária em 2005)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INPE (2011) e IBGE (2006)

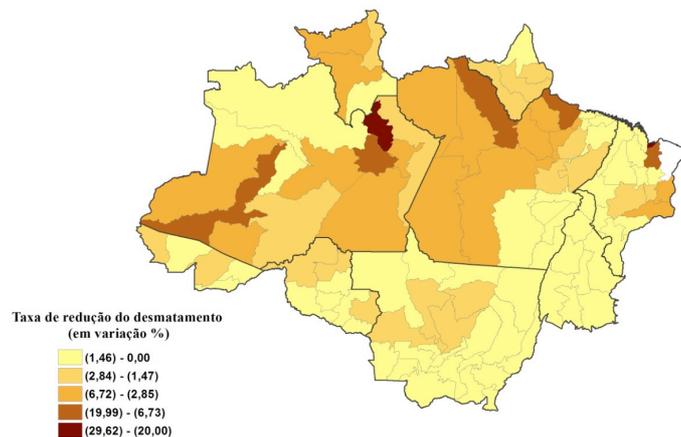
A justificativa para um intervalo de redução de desmatamento é que existe incerteza tanto nas metas das políticas como no próprio cenário de desmatamento. Para trabalhar com intervalos de choques foi utilizado o procedimento de análise sensibilidade sistemática (SSA- *Systematic Sensitive Analysis*) do GEMPACK, que permite avaliar a robustez dos resultados obtidos nas simulações em

¹² Este trabalho utilizou uma modelagem dinâmica espacial para a distribuição de metas de redução do desmatamento para os municípios da Amazônia Legal brasileira, e estimou o potencial de redução de GEEs e de receitas financeiras advindas de um futuro mecanismo de REDD+. O modelo levou em consideração a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) e os planos publicados de combate ao desmatamento dos estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso e Pará. Para alcançar os seus objetivos, o autor utilizou mapas georreferenciados como variáveis explicativas e simulou a tendência do desmatamento de 2006 a 2020, com um modelo dinâmico desenvolvido no software Dinâmica Ego.

relação aos valores dos choques¹³. Todo o procedimento computacional foi realizado no software GEMPACK.

A Figura 2 ilustra o choque de política de controle do desmatamento entre 2012 a 2020 em relação a área ocupada total de cada microrregião para o caso de desmatamento zero. A microrregião que apresentaria a maior meta de redução de desmatamento ao ano, no caso de desmatamento zero, segundo estas projeções, seria a Aglomeração Urbana de São Luís (mais de 29% a.a.), seguido por Rio Preto da Eva com 23,18% a.a., Rosário, em torno de 16% a.a. e Manaus (8% a.a.). Após, tem-se regiões como Arari e Almeirim no Pará, Juruá, Madeira, Itacoatiara e Alto Solimões no Amazonas, Itapecuru Mirim e Chapada do Alto Itapecuru no Maranhão, todas apresentando metas acima de 5% a.a.

FIGURA 2
Taxa média de Redução do Desmatamento na Amazônia Legal (variação % a.a. para o período de 2012 a 2020 em relação ao cenário base de desmatamento)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Bittencourt (2011) e INPE (2011)

¹³ Detalhes desse procedimento em DeVuyst e Preckel (1997). O procedimento de cálculo para o choque foi, primeiramente, uma simulação com um choque de 50% da taxa de desmatamento zero. Depois disso, a SSA foi feita com um intervalo de 0,5 e duas vezes esse choque. Desse modo, os resultados obtidos refletem um resultado médio de simulações hipoteticamente realizadas em todo esse intervalo. A simulação assumiu um intervalo de 50% para a redução do desmatamento, com distribuição uniforme e simétrica. Os intervalos de confiança foram obtidos a partir dos resultados de média e desvio-padrão produzidos pela análise de sensibilidade sistemática (SSA), usando a desigualdade de Chebychev (GREENE, 2003) que estabelece limites de aproximadamente três desvios-padrão a partir da média, para um intervalo de confiança de 90%. De forma genérica, pode-se concluir que determinado resultado é mais sensível (menos robusto) ao choque se seu desvio padrão está relativamente próximo da respectiva média, de forma que o intervalo de confiança muda de sinal (DOMINGUES, 2002). Nas simulações realizadas para este estudo, significa testar a possibilidade do choque assumir diferentes valores dentro do intervalo considerado de redução do desmatamento. Portanto, se ocorre mudança de sinal para alguma variável significa que ela pode aumentar ou diminuir dependendo da taxa de redução de desmatamento que for adotada pela política.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados Microrregionais

4.1.1. Expansão na oferta de terra entre 2006 e 2011: a contribuição do desmatamento

A Tabela 1 apresenta os resultados para PIB e emprego das 20 maiores regiões em área de desmatamento no período 2006-2011, que representaram cerca de 70% do desmatamento no período, e concentram-se nos estados do Pará e Mato Grosso. Observa-se pelos resultados que o desmatamento teria pequenos efeitos positivos sobre o PIB e emprego das regiões (deve-se notar que a magnitude dos impactos referem-se a um período de seis anos, 2006 a 2011). Assim, os resultados indicam que em Altamira (PA), por exemplo, o desmatamento teria contribuído para um acréscimo de somente 0,87% no PIB e 0,59% no emprego, relativamente a uma situação em que o desmatamento não tivesse ocorrido.

Cabe ressaltar que a relação entre os choques e os impactos econômicos não é linear, no sentido de que nem sempre as maiores regiões em termos de desmatamento são aquelas em que ocorrem os maiores impactos em termos econômicos projetados pelo modelo. São Félix do Xingu, por exemplo, apresenta um choque de desmatamento maior (25,8%) que Altamira (22,8%) e, no entanto, o efeito sobre o PIB e emprego em São Félix do Xingu seria menor. Tendo em vista suas estruturas produtivas distintas, o resultado é explicado pela dinâmica das exportações de produtos agrícolas de Altamira, que teria importante parcela de contribuição sobre o efeito positivo na região. Itaituba (PA) também estaria entre as regiões mais beneficiadas pelo desmatamento (choque de 33,7%), e nesse caso o impacto positivo nas exportações explicam a contribuição positiva sobre o PIB e emprego.

TABELA 1

Resultados das simulações: efeito do desmatamento entre 2006 e 2011 sobre o PIB e o Emprego, para as 20 maiores regiões em área de desmatamento

Microrregião	Estado	Desmatamento	PIB	Emprego	Microrregião	Estado	Desmatamento	PIB	Emprego
		Km2	(var. %)	(var. %)			Km2	(var. %)	(var. %)
Altamira	PA	5106,4	0,87	0,59	Alta Floresta	MT	1243,7	0,40	0,32
São Félix do Xingu	PA	4386,9	0,68	0,38	Marabá	PA	1201,7	0,35	0,35
Tucuruí	PA	3241,7	0,55	0,45	Santarém	PA	1187,7	0,45	0,38
Porto Velho	RO	3104,4	0,54	0,47	Colíder	MT	1120,5	0,30	0,26
Itaituba	PA	2861,7	0,86	0,56	Tomé-Açu	PA	1116,4	0,53	0,39
Aripuanã	MT	2294,7	0,47	0,35	Guamá	PA	1100,9	0,40	0,29
Paragominas	PA	1679,4	0,58	0,41	Alto Mearim e Grajaú	MA	1078,1	0,37	0,28
Norte Araguaia	MT	1624,7	0,25	0,20	Ariosos	MT	1045,5	0,78	0,54
Sinop	MT	1265,4	0,55	0,47	Madeira	AM	1009,6	0,51	0,35
Conceição do Araguaia	PA	1248,2	0,37	0,25	Alto Teles Pires	MT	957,2	0,68	0,51

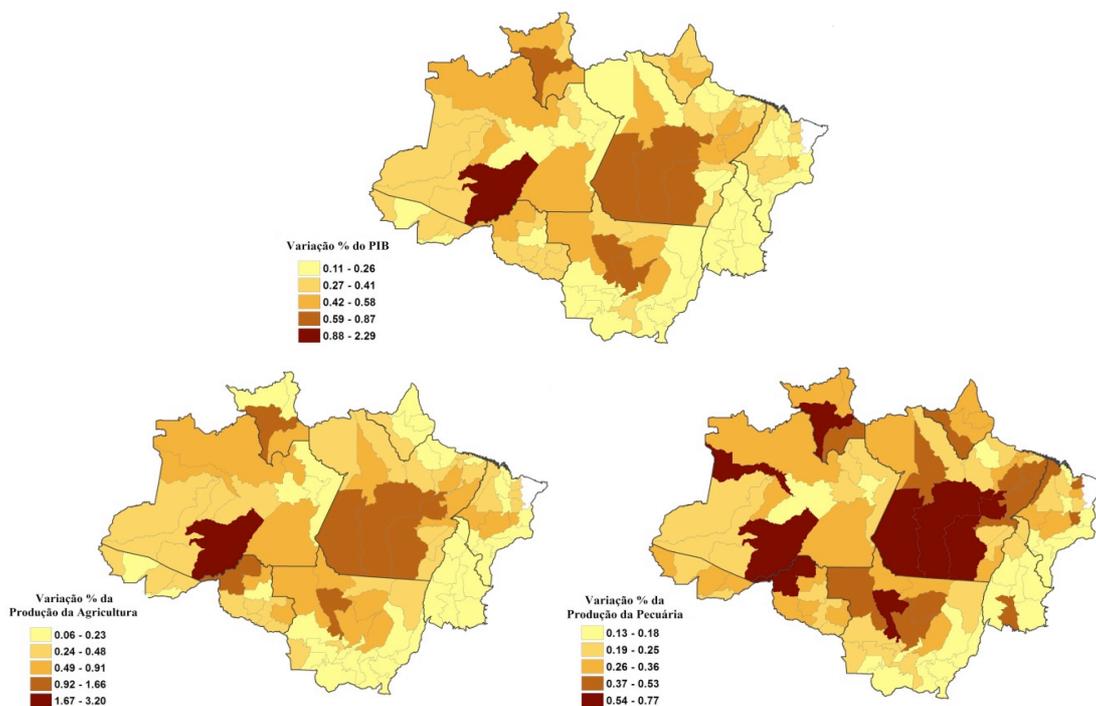
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia. As regiões do quadro representam 70% desmatamento observado entre 2006 e 2011

Outra microrregião de destaque é Arinos (MT) que observou área desmatada de 1045,5 km², em média, entre 2006-2011 (choque nas simulações de apenas 4,86%), e apresentou um crescimento significativo no PIB e emprego (0,78% e 0,54%, respectivamente). Contribuiriam para este resultado o elevado aumento no consumo das famílias e das exportações neste região, e o fato de que a sua estrutura produtiva se concentrar no setor agrícola, responsável por quase 60% da sua atividade econômica.

A Figura 3 ilustra a contribuição do desmatamento para o PIB, produção da agricultura e pecuária nas regiões da Amazônia. As partes mais escuras da figura indicam as regiões que mais se beneficiariam com o desmatamento. Além do padrão anteriormente apontado para as regiões de Altamira, São Félix do Xingu, Itaituba e Arinos, observa-se também maiores taxas de crescimento do PIB em regiões como Purus (AM), Caracaraí (RR), Alto Teles Pires (MT), Paragominas (PA) e Tucuruí (PA). Algumas regiões, em tons mais claros, teriam redução da atividade econômica mesmo com desmatamento, como Rio Formoso (TO), Tesouro (MT), Primavera do Leste (MT) a Alto Araguaia (MT), em razão, sobretudo, do desmatamento menos intenso (choques relativamente menores) e dos efeitos competitivos provocados pelas regiões mais beneficiadas com o processo.

Em relação ao impacto do desmatamento na produção, destacam-se as regiões de Purus (AM), Tucuruí (PA), São Félix do Xingu (PA), Itaituba (PA), Altamira (PA), Porto Velho (RO) Arinos (MT) e Caracaraí (RR) com um crescimento acima de 1% no setor de Agricultura e de 0,50% na Pecuária. Os impactos sobre o emprego e exportações, por sua vez, podem ser visualizados na Figura 4.

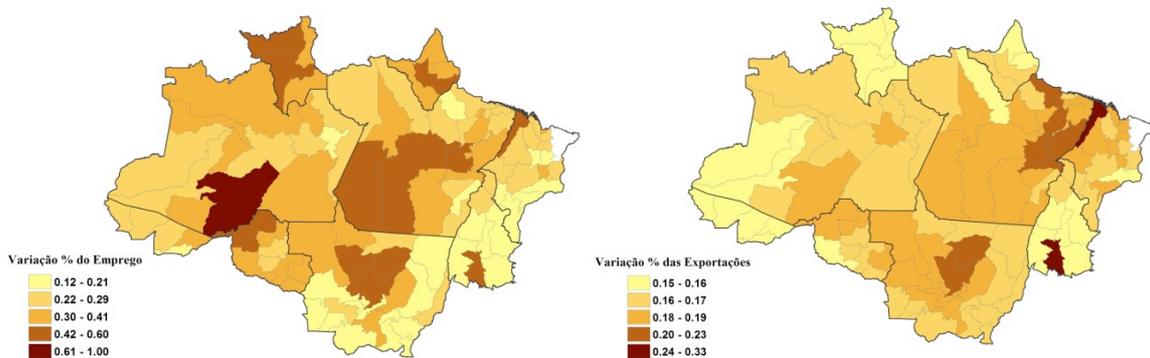
FIGURA 3
Resultados das simulações: efeito do desmatamento de 2006 a 2011 sobre o PIB e a produção da Agricultura e Pecuária (var. % acumulada)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia.

A dinâmica do emprego tende a acompanhar o padrão verificado pelo crescimento do PIB, destacando-se as regiões de Purus, Caracaraí, Altamira, Itaituba e Arinos. Além destas, a microrregião de Macapá (AP) também se destaca com crescimento acima de 0,5% do emprego agregado. As maiores taxas de crescimento das exportações se encontram em Tucuruí (PA), Sinop (MT), Tomé-Açu (PA), Marabá (PA), Arari (PA) e Belém (PA). Tucuruí, Sinop e Tomé-Açu aumentariam principalmente suas exportações agropecuárias, enquanto Marabá, Belém e Arari apresentariam crescimento em setores diversos.

FIGURA 4
Resultados das simulações: efeito do desmatamento de 2006 a 2011 sobre emprego, investimento, consumo das famílias e exportações (var. % acumulada)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia

Os resultados apontam para um fato importante da estrutura econômica e do desmatamento nas regiões da Amazônia: a baixa contribuição econômica do desmatamento na perspectiva do aumento da disponibilidade de terras para a agricultura e pecuária. Ou seja, a facilidade de incorporação desse fator produtivo (terra via desmatamento) desincentiva a incorporação de trabalho e capital ao processo produtivo desses setores, contribuindo para sua reconhecida condição de baixa produtividade e competitividade.

4.1.2. Política de controle de desmatamento 2012-2020

Hipoteticamente, uma política de controle de desmatamento limita a expansão relativa da área ocupada pela agropecuária. Essa restrição na oferta de terra torna esse fator mais caro e provoca uma substituição do mesmo em direção a trabalho e capital. A maior demanda por esses fatores, por sua vez, elevam o seu preço no mercado gerando um aumento de custos da produção. O aumento de custos no setor agropecuário torna seu produto mais caro acarretando um aumento de custo aos demais setores (que usam esses produtos como insumos) e agentes (consumidores, exportadores e governo).

Assim, a restrição na expansão da oferta de terra na Amazônia teria impactos negativos afetando mais as regiões que têm sua economia baseada na agropecuária. Os resultados para PIB e emprego das 20 maiores regiões em área de desmatamento, de acordo com o cenário de Bittencourt (2011) para o período 2012-2020, estão na Tabela 2, assim como os valores dos intervalos de

confiança a 90%, mostrando a variabilidade do resultado dentro do intervalo (entre 25% a 100% de redução de desmatamento)¹⁴.

Este conjunto de regiões representaria cerca de 65% do desmatamento total do cenário e concentra-se nos estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia. Conforme observa-se pelos resultados, a restrição da oferta de terra teria efeitos negativos sobre o PIB da maioria das regiões e positivo sobre o emprego. Nota-se que a magnitude dos impactos é pequena mesmo os resultados sendo apresentados para o período total de nove anos. Assim, os resultados indicam que o controle da oferta de terra em Aripuana, por exemplo, representaria um decréscimo de 0,23% no PIB e um acréscimo de 0,56% no emprego da região. Porto Velho e Vilhena apresentariam um aumento do PIB, porém conforme observa-se pela Tabela 2, o PIB poderia ser negativo se a meta de controle do desmatamento na microrregião for mais elevada.

TABELA 2
Resultados das simulações: efeito do controle do desmatamento sobre PIB e Emprego para as 20 maiores regiões em área de desmatamento (variação % acumulada de 2012 a 2020)

Microrregião	Estado	Desmatamento		PIB		Emprego	
		Km2	Variação (%)	Intervalo de Confiança (90%)		(var. %)	Intervalo de Confiança (90%)
Aripuana	MT	816,44	-0,226	-0,362	-0,180	0,557	0,260 0,855
Altamira	PA	742,67	-0,240	-0,385	-0,187	0,468	0,231 0,705
Itaituba	PA	638,67	-0,181	-0,284	-0,168	0,298	0,168 0,428
Porto Velho	RO	623,11	0,039	0,015	-0,027	0,223	0,125 0,310
Arinos	MT	567,78	-0,289	-0,466	-0,203	0,719	0,297 1,142
Sinop	MT	519,33	-0,127	-0,206	-0,138	0,613	0,255 0,972
São Félix do Xingu	PA	494,44	-0,110	-0,171	-0,139	0,079	-0,006 0,163
Santarém	PA	451,11	-0,164	-0,270	-0,149	0,346	0,178 0,515
Norte Araguaia	MT	446,67	-0,122	-0,195	-0,140	0,129	0,074 0,183
Paragominas	PA	399,11	-0,141	-0,227	-0,146	0,214	0,107 0,320
Alta Floresta	MT	386,22	-0,132	-0,209	-0,145	0,136	0,067 0,205
Alto Teles Pires	MT	329,56	-0,167	-0,269	-0,155	0,544	0,215 0,873
Colíder	MT	268,44	-0,096	-0,154	-0,129	0,057	0,000 0,114
Óbidos	PA	256,89	-0,123	-0,198	-0,139	0,259	0,141 0,377
Tucuruí	PA	249,56	-0,056	-0,094	-0,108	0,016	0,002 0,031
Parecis	MT	236,67	-0,296	-0,479	-0,204	1,648	0,626 2,681
Portel	PA	220,22	-1,780	-2,991	-0,690	6,735	2,199 11,527
Vilhena	RO	203,56	0,048	0,027	-0,021	0,180	0,098 0,261
Tomé-Açu	PA	200,00	-0,197	-0,315	-0,169	0,195	0,078 0,311
Ariquemes	RO	198,67	-0,035	-0,072	-0,088	0,135	0,077 0,192

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia

A Figura 5 ilustra o impacto sobre o PIB e a produção nos setores de agricultura e pecuária. Esses resultados refletem um resultado médio de simulações realizadas em todo o intervalo de 25% a 100% do desmatamento. As partes mais escuras do mapa indicam as regiões que mais perderiam e as regiões mais claras apresentaram alguns casos de impacto positivo. Portel teria a maior redução no PIB, -1,79%, seguido por Furos dos Breves (-1,40%) e Arari (-0,93%). O setor de agricultura se destaca em Portel, responsável por mais de 80% da produção da região. Furos dos Breves apresenta

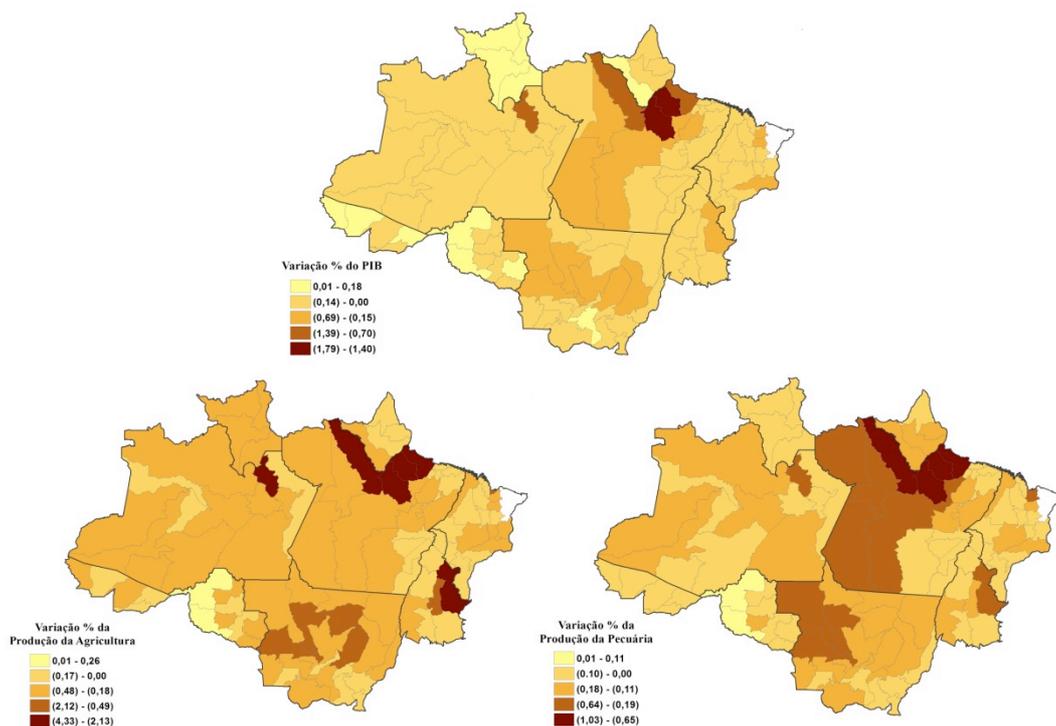
¹⁴ As elasticidades e os parâmetros do modelo foram testados por meio da análise de sensibilidade (SSA) e se mostraram robustos para um intervalo de 50% dos parâmetros de substituição de fatores primários (capital, trabalho e terra).

mais de 50% de sua produção na agricultura, enquanto Arari apresenta economia voltada para a pecuária, com mais de 60% do total produzido. As três regiões apresentam elevadas taxas desmatamento, de acordo com o cenário de referência de Bittencourt (2011), o que significa que apresentam elevadas restrições de oferta de terra nas simulações de controle do desmatamento.

As regiões de Boa Vista, Nordeste de Roraima, e Caracarái, assim como Cuiabá, apresentariam um pequeno aumento no PIB real, acima de 0,07%, mesmo com a política de controle do desmatamento na Amazônia. As quatro regiões apresentam pequena taxa de desmatamento no cenário de referência, e tanto o Nordeste de Roraima como Caracarái são regiões dependentes da agricultura, embora possuam uma economia com elevada participação do governo. Já Boa Vista e Cuiabá apresentam uma economia voltada ao setor de serviços. De modo geral, as regiões mais dependentes da agropecuária seriam as mais afetadas pela política de controle de desmatamento, com um deslocamento relativo da produção em direção às regiões menos afetadas diretamente pela política.

FIGURA 5

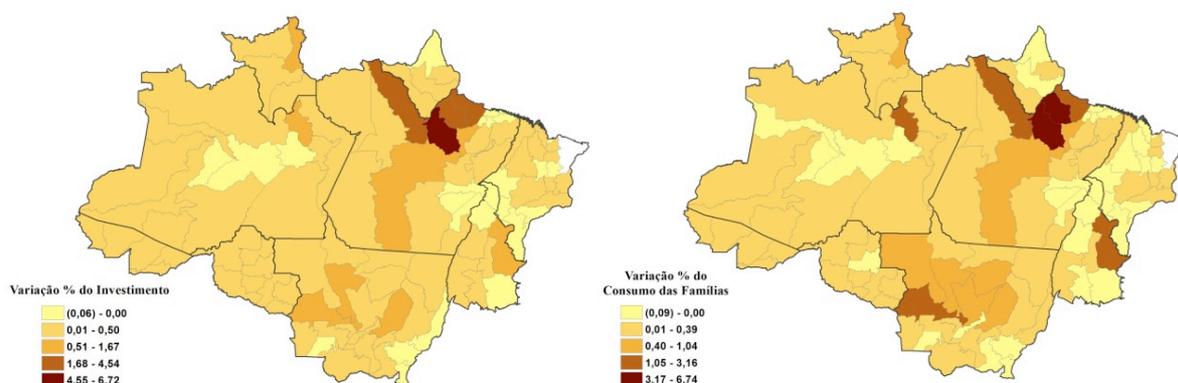
Resultados das simulações: efeito do controle do desmatamento sobre o PIB, produção da Agricultura e Pecuária (var. % acumulada de 2012 a 2020)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia.

FIGURA 6

Resultados das simulações: efeito do controle do desmatamento sobre emprego, investimento, consumo das famílias e exportações (var. % acumulada de 2012-2020)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia

A Figura 6 apresenta os impactos sobre o investimento e consumo das famílias. O investimento real na Amazônia teria um acréscimo na maioria das regiões. Este resultado indica que o efeito substituição do fator terra em direção aos demais fatores, capital e trabalho, seria mais forte do que o efeito atividade (queda na produção). Regiões que apresentariam as maiores quedas de produção como Portel, Furos dos Breves, Almeirim e Arari se destacariam apresentando os maiores crescimentos do investimento da Amazônia. O consumo das famílias apresentaria o mesmo padrão que o investimento. Um dos efeitos esperados das políticas de controle do desmatamento seria a intensificação do uso de capital e trabalho por hectare, o que contribuiria diretamente para o aumento da produtividade.

4.2. Resultados agregados para o Brasil e Amazônia Legal

4.2.1. Expansão na oferta de terra entre 2006 e 2011

A Tabela 3 reporta os impactos agregados do desmatamento entre 2006 a 2011. Como esperado a partir dos resultados regionais, observa-se uma variação positiva nos principais agregados macroeconômicos, tanto na escala nacional quanto regional (Amazônia Legal).

TABELA 3
Resultados das simulações: efeito do desmatamento de 2006 a 2011 no Brasil e na Amazônia
(Var. % acumulada)

Variáveis	Brasil	Amazônia Legal	Resto do Brasil
PIB	0,142	0,313	0,125
Emprego	0,153	0,295	0,141
Investimento	0,125	0,255	0,113
Exportação	0,143	0,176	0,141
Deflator do PIB	-0,004	-0,118	0,007

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia

Os resultados apontam que o desmatamento teria contribuído com apenas 0,142% do crescimento do PIB brasileiro entre 2006 e 2011. Para uma dimensão relativa desse número, considerando o PIB brasileiro de 2011 (cerca de quatro trilhões de reais), o desmatamento na Amazônia entre 2006 e 2011 teria acrescido ao PIB nacional um montante de R\$ 5,9 bilhões, ou 75,3 mil reais por cada km² desmatado. Novamente, confirma-se aqui a baixa contribuição do desmatamento para a economia brasileira, que certamente não compensa seu custo em termos de degradação ambiental, perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Destes R\$ 5,9 bilhões, aproximadamente 55%, são internalizados na Amazônia, ao passo que os outros 45% são absorvidos (efeito de vazamento) pelo resto do Brasil. Ou seja, o desmatamento da Amazônia gera efeitos econômicos quase tão intensos no resto do Brasil como na própria região, fruto da inter-relação de bens e serviços entre elas. Observa-se pela Tabela 3 que o emprego e o investimento agregado apresentam uma variação positiva seguindo o aumento da atividade econômica. As exportações também apresentaram variação positiva, pois a queda dos preços dos produtos nacionais torna os produtos exportados relativamente mais baratos.

As simulações permitem ainda estimar um resultado interessante para políticas complementares ao controle de desmatamento, como de melhorias de tecnologia e processos produtivos na agricultura e pecuária. O aumento da produtividade da terra para se obter a mesma variação estimada do PIB nacional seria de 6,68% no período. Assim, essa elevação de produtividade¹⁵ na agropecuária teria o mesmo impacto de crescimento do PIB nacional que o desmatamento de 2006 e 2011. Segundo Gasques *et al.* (2008), a produtividade da terra no Brasil cresceu 3,26% ao ano entre 2000 e 2005, indicando que esta taxa seria factível, pois é de pouco mais de 1% ao ano.

¹⁵ Para o cálculo da produtividade requerida foi realizada uma simulação cujo choque representava um aumento de 1% sobre a produtividade da terra nas microrregiões da Amazônia Legal. Essa simulação gerou o resultado de impacto sobre o PIB agregado devido a esta elevação da produtividade. A produtividade necessária, então, para se alcançar o mesmo crescimento verificado quando de um aumento na expansão da oferta de terra pôde ser calculada como a razão entre o impacto do PIB na simulação de expansão da oferta da terra (0,142) e o impacto sobre a mesma variável na simulação de aumento da produtividade (0,021).

4.2.2. Política de controle de desmatamento 2012-2020

A Tabela 4 apresenta os principais resultados e o respectivo intervalo de confiança a 90%, mostrando a variabilidade que os resultados podem assumir.

TABELA 4
Resultados das simulações: efeito do controle do desmatamento no Brasil, Amazônia Legal e Resto do Brasil (variação % acumulada de 2012 a 2020)

	Variáveis	Variação (%)	Intervalo de Confiança (90 %)	
Brasil	PIB real	-0,056	-0,091	-0,021
	Consumo real das famílias	-0,040	-0,069	-0,012
	Investimento Real	-0,028	-0,048	-0,009
	Volume de exportações	-0,079	-0,125	-0,033
	Volume de importações	0,129	0,056	0,201
	Emprego Agregado	-0,047	-0,077	-0,017
AML	PIB real	-0,074	-0,125	-0,023
	Consumo real das famílias	0,101	0,055	0,146
	Investimento Real	0,142	0,068	0,216
	Volume de exportações	-0,104	-0,164	-0,044
	Volume de importações	0,255	0,113	0,399
	Emprego Agregado	0,149	0,073	0,226
Resto do Brasil	PIB real	-0,054	-0,088	-0,020
	Consumo real das famílias	-0,065	-0,105	-0,025
	Investimento Real	-0,044	-0,072	-0,016
	Volume de exportações	-0,075	-0,120	-0,032
	Volume de importações	0,112	0,049	0,176
	Emprego Agregado	-0,065	-0,105	-0,025

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo EGC-Amazônia

As simulações de uma política de controle de desmatamento mostram perdas nos principais indicadores nacionais. O PIB nacional apresentaria uma redução acumulada de 0,05% até 2020, o que representa uma redução marginal de 0,006% a.a., que se explica pelas perdas de produção da Amazônia. Soma-se a isso a queda da atividade no restante do Brasil devido às relações de interdependência comercial com a Amazônia. O Restante do Brasil, por sua vez, embora não seja considerado nos choques de restrição ao desmatamento, é afetado indiretamente pela política, apresentando variações negativas na maioria dos indicadores selecionados. A Amazônia é importante fornecedora de insumos (principalmente agropecuários) para o restante do Brasil. Como esses produtos apresentam aumento de preços, isto gera aumento de custos e queda da atividade dos setores do restante do Brasil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por objetivo estudar a contribuição da floresta desmatada para a economia da Amazônia Legal entre 2006 e 2011, assim como analisar os efeitos de uma política de controle do desmatamento no período de 2012 a 2020. Para isso, utilizou-se um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) inter-regional, especialmente construído para capturar as especificidades e heterogeneidade da região. No modelo EGC, modificações na disponibilidade de terras, associadas ao desmatamento, afetam as possibilidades de produção nas regiões da Amazônia, provocando deslocamentos na produção, assim como alterações nos padrões da produção agrícola e de comércio na região. Desse modo, as estimativas mensuram o custo de oportunidade no que se refere ao desmatamento na Amazônia Legal.

Cabe ressaltar que apesar dos resultados das simulações indicarem a contribuição positiva do desmatamento entre 2006 e 2011 para o crescimento econômico nas regiões da Amazônia, sua pequena magnitude indica que a contribuição econômica do desmatamento ao longo desse período foi pouco significativa. Pode-se concluir, portanto, que o *trade-off* clássico entre preservação ambiental e crescimento econômico não é relevante para o caso do desmatamento, uma vez que este pouco contribuiria para o crescimento da economia. Este resultado é ainda reforçado pelos impactos econômicos de uma política hipotética de controle do desmatamento na região, que sugerem uma perda apenas marginal sobre o crescimento econômico das regiões da Amazônia, assim como no restante do Brasil.

Os resultados apontam um fato importante acerca da estrutura econômica e do desmatamento nas regiões da Amazônia: a baixa contribuição econômica do desmatamento, na perspectiva do aumento da disponibilidade de terras para a agricultura e pecuária. Ou seja, a elevada disponibilidade desse fator produtivo (terra via desmatamento) desencoraja a incorporação de trabalho e capital ao processo produtivo das regiões, contribuindo para sua reconhecida característica de baixa produtividade e competitividade. Por outro lado, um dos efeitos esperados de políticas de controle do desmatamento seria o incentivo para elevação do uso de capital e trabalho por hectare, o que contribuiria diretamente para o aumento da produtividade desses setores nas regiões. Assim, políticas públicas que possibilitem a elevação da oferta de capital físico e técnicas produtivas deve ser um complemento prioritário para políticas de controle do desmatamento.

Um resultado importante, que pode subsidiar políticas públicas para a região, é que um aumento de produtividade da agropecuária na Amazônia Legal de pouco mais de 1% ao ano seria suficiente para compensar os ganhos projetados decorrentes da expansão da ocupação de terras, resultado factível, tendo em vista o histórico de crescimento da produtividade da terra nos últimos anos (3,26% ao ano entre 2000 e 2005). Isso sugere que, se o governo brasileiro endurecer as políticas de combate ao desmatamento, o custo de oportunidade em termos de crescimento econômico será baixo. Essa política, atrelada a investimentos em tecnologias que aumentem a produtividade da região poderia conciliar uma maior produção agropecuária junto à manutenção da floresta e todos os seus benefícios. Pois com maior produtividade, a mesma ou uma maior produção poderia ser obtida sem a necessidade de se aumentar o fator terra e, portanto, sem aumentar o desmatamento da Amazônia para a expansão da fronteira agrícola.

Em termos metodológicos, o modelo EGC-AMAZÔNIA se destaca na literatura brasileira por sua detalhada base de dados e desagregação regional. Desenvolvimentos futuros do modelo apontam para a inclusão de elementos de dinâmica recursiva e modelagem explícita de uso da terra. A dinâmica recursiva incluiria explicitamente a dimensão temporal ao modelo, permitindo ajustamentos no estoque de capital, mercado de trabalho e mercado de terra ao longo dos anos. Além disso, permitiria que a política de desmatamento fosse simulada ano após ano, mostrando a trajetória dos resultados ao longo do tempo. A inclusão da modelagem explícita de uso da terra possibilitaria considerar as possibilidades de substituição entre os diferentes usos da terra: cultivo, pecuária e floresta plantada, dependendo da rentabilidade de cada ocupação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.P.; CÂMARA, G.; ESCADA, M.I.S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling*, 209, 2007. p.169-188.
- ALENCAR, A. *et al.* Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), pp.89, 2004.
- ANDERSEN, L. E. e REIS, E. J. Deforestation, Development, and Government Policy in the Brazilian Amazon: An Econometric Analysis. Texto para Discussão n. 513. Rio de Janeiro: IPEA, set. 1997.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOURA, C.; ROCHA, R. Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies? Climate policy initiative. Working paper, 2012. Disponível em <http://climatepolicyinitiative.org/publication/deforestation-slowdown-in-the-legal-amazon-prices-or-policie/>. Acesso em 02 de outubro de 2012.
- BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, n. 5, 2010.
- BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, 19 (53), 2005.
- BICKEL U.; DROS J. M. *The Impacts of Soybean Cultivation on Brazilian Ecosystems* (Bonn: AIDEnvironment-WWF) p 33, Disponível em: <http://assets.panda.org/downloads/impactsofsoybean.pdf>. Acesso em 02 de outubro de 2012.
- BINSWANGER, H.P. Brazilian policies that encourage deforestation in the Amazon. **World Development** 19 (7), 821–829, 1991.
- BITTENCOURT, F. R. *Modelagem Dinâmica de Distribuição de Metas de Redução de Desmatamento, Estimativas de Potencial de Emissão de Gases de Efeito Estufa e de Receitas Financeiras via REDD+ em Níveis Subnacionais*. 2011. 230 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- CARVALHO, T.S.; MAGALHÃES, A.S.; DOMINGUES, E.P. *Contribuição das áreas desmatadas para o crescimento econômico da Amazônia Legal*. In: X Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – X ENABER, Recife, 2012.
- CARVALHO, G. O.; NEPSTAD, D.; McGRATH D.; VERA DIAZ M. D. C.; BARROS, A. C. Frontier expansion in the Amazon. Balancing development and sustainability. *Environment Sci. Policy Sustainable Dev.* 44 p.32–42, 2002.
- CASTRO, E. *Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia*. Novos Cadernos NAEA, v. 8, n. 2, p. 5-39, Pará: dez. 2005.
- CATTANEO, A. Deforestation in the Brazilian Amazon: Comparing the impacts of Macroeconomics Shocks, Land Tenure, and Technological Change. *Land Economics*, vol. 77, n.2, p. 219-140, 2001.

- CHIANG, A. C. *Fundamental Methods of Mathematical Economics*. Vancouver: McGraw-Hill Companies. 1974.
- CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. *Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon* (Washington, DC: World Bank) p 50, 2001. Disponível em <http://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/2687.html>. Acesso em 26 de setembro de 2012.
- DEVUYST, E. A.; PRECKEL, P. V. Sensitivity Analysis Revisited: A Quadrature based Approach. *Journal of Policy Modeling*, vol. 19, n. 2, p. 175-185, 1997.
- DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R.; SUTTON, J.; VINCENT, D. P. *Orani, a Multisectoral Model of the Australian Economy*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co. 1982.
- DOMINGUES, E.P. *Dimensão Regional e Setorial da Integração Brasileira na Área de Livre Comércio das Américas*. 2002. 228 p.(CDD-338.9). Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3), p. 680–688, 2005.
- FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, M. *Ethanol Expansion and Indirect Land Use Change in Brazil*, Melbourne, Monash University, CoPs, 2011. Disponível em: http://www.eacquality.net/fileadmin/eac_quality/user_documents/3_pdf/Ethanol_expansion_and_indirect_land_use_change_in_Brazil.pdf. Acesso em: ago. 2011.
- FERREIRA, A.M.M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. *Estudos Avançados*, 19 (54), 2005.
- FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S.O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos avançados*, v.19, n. 53, 2005.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) *Global Forest Resources Assessment 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2010.
- GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M.R.P. Produtividade e Fontes de Crescimento da Agricultura Brasileira. 2008 In: de NEGRI, J.; KUBOTA, L. (Eds.) *Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/inovacaotecnologica/capitulo11.pdf>)
- GEIST, H.; LAMBIN, E. F. Global land-use and cover change: What have we learned so far? *Global Change Newsletter*, p.46, 2002.
- GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 5.ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2003. 1026 p.
- GUILHOTO, J. J. M. *Um Modelo Computável de Equilíbrio Geral para Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas (PAPA) na Economia Brasileira*. Tese (Livre-docência em Economia) – ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- HADDAD, E. A. *Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience*. Aldershot: Ashgate. 1999.

- HADDAD, E. A. *Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional*. Tese (Livredocência em Economia) – FEA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. EFES – Um modelo Aplicado de Equilíbrio Geral para a Economia Brasileira: Projeções Setoriais para 1999-2004. *Revista Estudos Econômicos*, v. 31, n. 1, p. 89-125, 2001.
- HORRIGDE, M. *Preparing a TERM bottom-up regional database*. Preliminary Draft, Centre of Policy Studies, Monash University, 2006.
- HOUGHTON, R.A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gases. In: Moutinho, P., Schwartzman, S. (Eds.), *Tropical Deforestation and Climate Change*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e Environmental Defense (ED), pp. 13–22, 2005.
- IGLIORI, D.C. *Deforestation, Growth and Agglomeration Effects: Evidence from Agriculture in the Brazilian Amazon*. University of Cambridge, Department of Land Economy (Texto para Discussão, 28) 2008. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwrsa/ersa06p719.html>>. Acesso em: 23 jan. 2009
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. *Projeto Prodes Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. 2009. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em 23 de setembro de 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *TerraClass – Levantamento de Informações de uso e cobertura da terra na Amazônia*, setembro de 2011.
- JARAMILLO, C. F. e KELLY, T. *Deforestation and Property Rights in Latin America*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. 1999. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=359769>>. Acesso em 04 de outubro de 2012.
- KAIMOWITZ, D.; MERTENS, B.; WUNDER, S.; PACHECO, P. *Hamburger connection files Amazon destruction*. Bangon, Indonesia: Center for International Forest Research, 2004.
- KRUGMAN, P. Scale Economics, product differentiation, and the pattern of trade, *American Economic Review*, v. 70, 1980.
- LAURANCE, W.L. et.al. Deforestation in Amazonia. *Science* 304, pp. 1109- 1111, 2004.
- MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. Banco Mundial, 2003.
- MATTEI, F. E. E. Modeling Linkages between Climate Policy and Land Use: An overview. *Working Papers WP24*. Italy, 2007.
- MENDELSON, R. Property Rights and Tropical Deforestation. *Oxford Economic Papers*, v. 46, p. 750-756, 1994.
- MERTENS, B.; POCCARDCHAPUIS, R.; PIKETTY, M. G.; LACQUES, A. E. VENTURIERI, A. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in Brazilian

- Amazon: the case of São Felix do Xingu in South Pará. *Agricultural Economics*, n. 27, p. 269-294, 2002.
- MILLER, R.; BLAIR, P. *Input-Output analysis: foundations and extensions*. New Jersey: Prentice-Hall, 2009. 782p.
- Ministério de Ciência e Tecnologia. *Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal*. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010.
- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Impactos Econômicos da Carteira de Investimentos. In: *Estudo da Dimensão Territorial para o Planejamento*, Volume VI. MPOG, Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos, Brasília, 2008.
- MIRAGAYA, J. *Demanda mundial de carne bovina tem provocado o desmatamento na Amazônia*. T&C Amazônia, ano VI, n 14, 2008.
- MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKUROS, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland Expansion Changes Deforestation Dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), 2006.
- MUELLER, C. C. *Expansion and Modernization of Agriculture in the Cerrado—The Case of Soybeans in Brazil's Center-West* (Brasilia: University of Brasilia, Department of Economics) p 28, 2003. Disponível em <http://e-groups.unb.br/face/eco/cpe/TD/306nov2003CMueller.pdf>. Acesso em 02 de outubro de 2012.
- NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J. P., BISHOP, J. et. al. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, n. 154, p. 395–407, 2001
- NEPSTAD, D.; SOARES-FILHO, B.S.; MERRY, F.; LIMA, A.; MOUTINHO, P.; CARTER, J.; BOWMAN, M.; CATTANEO, A.; RODRIGUES, H.; SCHEARTZMAN, S.; McGRATH, D.; STICKLER, C., LUBOWSKI PIRIS-CABEZAZ, P.; RIVERO, S., ALENCAR, A.; ALMEIDA, O.; STELLA, O. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326 (5958), p. 1350–1351, 2009.
- NORDHAUS, W. D. A survey of estimates of the costs of controlling greenhouses gases, *Energy Journal*, vol. 12, p. 37-66, 1991.
- OLIVEIRA JUNIOR, J .N.; DINIZ, M. B.; FERREIRA, R. T.; CASTELAR, I.; DINIZ, M. J. T. Análise da área desmatada municipal na Amazônia Brasileira no período 2000 – 2004: Uma abordagem com modelos não-lineares, *Economia Aplicada*, vol. 14, n. 3, p. 395-411, 2010.
- PATTANAYAK, S. K.; ROSS, M. T.; DEPRO, B. M.; BAUCH, S. C.; TIMMINS, C.; WENDLAND, K. J.; ALGER, K. Climate Change and Conservation in Brazil: CGE Evaluation of Health and Wealth Impacts, *Economic Geography and Color Maps*, vol. 9, n.2, 2009.

- PERES, C.A.; GARDNER, T.A.; BARLOW, J.; ZUANON, J.; MICHALSKI, F.; LESS, A.C., VIEIRA, I.C.G.; MOREIRA, F.M.S.; FEELEY, K.J. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. *Biological Conservation* n. 143, p. 2314–2327, 2010.
- PFAFF, AS.P. *What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and Socioeconomic Data*. 1997 (Working Paper, 1772). Disponível em: <http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1997/05/01/000009265_3980313101835/Rendered/PDF/multi_page.pdf>. Acesso em 26 de setembro de 2012.
- REIS, E.; MARGULLIS, S. Options for slowing Amazon jungle clearing. IN: DORNBUSCH, R., POTERBA, J. *Economic Policy Responses to Global Warming*, Cambridge, MA, MIT Press, 1991.
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; AVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e Desmatamento: Uma Análise das Principais Causas Diretas do Desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, 19(1), pp. 41-66, 2009.
- SOARES-FILHO, B. S. *et al.* Cenário de Desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.
- SOARES-FILHO, B. S.; DIETZCH, L.; MOUTINHO, P.; FALIERI, A.; RODRIGUES, H.; PINTO, E.; MARETTI, C. C.; SCARAMUZZA, C. A. M.; ANDERSON, A.; SUASSUNA, K.; LANNA, M.; ARAUJO, F. V. *Redução das Emissões de Carbono do Desmatamento no Brasil: O papel do programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)*, WWF, 2009.
- SOUZA, R. A.; MIZIARA, F.; MARCO Jr., P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. *Land Use Policy*, n. 30, p. 915– 924, 2012.
- WALKER, R., MORAN, E., ANSELIN, L., 2000. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: external capital and household processes. *World Development* 28 (4), 683–699.

APÊNDICE – ESTRUTURA DO MODELO EGC-AMAZÔNIA

A seguir, o núcleo do modelo é apresentado com as suas principais equações, para alguns componentes: estrutura de produção, demanda das famílias, demanda por investimentos, composição do trabalho e a demanda por fatores primários. Para simplificar, algumas identidades e equações não são apresentadas, como a demanda por exportações, governo e estoques, as demandas por margens, a fonte das margens, as equações de oferta e demanda e de equilíbrio de mercado, entre outros.

Estrutura de produção CES

Formalmente, a forma geral da função de produção para cada região é baseada em uma CES (constant elasticity of substitution)¹⁶ é dada por:

$$Y = A \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i X_i^{-\varepsilon} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}}$$

onde Y é o produto, o vetor $X_i (i = 1, \dots, n)$ são insumos. Assume-se $A < 0$, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ e $-1 < \varepsilon < \infty$, $\varepsilon \neq 0$, para retornos constantes de escala. A elasticidade de substituição, σ é dada por $\sigma = \frac{1}{1 + \varepsilon}$.

Escolhendo insumos que minimizam os custos de produção em uma função de produção CES, e usando o fato de que em competição perfeita os fatores são pagos pelo valor de seu produto marginal, tem-se em mudança percentual:

$$p_{i,r} = \sum_{i=1}^n \theta(i, j, r) \cdot p(i, j, r) \quad (1)$$

onde $p_{i,r}$ é a taxa de crescimento do preço do setor i na região r , $\theta(i, j, r)$ é a participação do insumo

i no total dos custos do setor j $\sum_{i=1}^n \theta(i, j, r) = 1$, e $p(i, j, r)$ é a taxa de crescimento do preço do insumo i usado no setor j em r . (ver Hertel and Tsigas, 1993). Assim, a taxa de crescimento dos preços de um setor em uma região é uma soma ponderada das participações nos custos das taxas de crescimento nos preços dos insumos. Além disso:

$$x_{i,j,r} = \alpha [p_{j,r} - p_{i,j,r} + y_{i,r}] \quad (2)$$

onde $x_{i,j,r}$ é a taxa de crescimento da demanda pelo insumo i usado no setor j em r , e $y_{i,r}$ é a taxa de crescimento do produto no setor em r .

¹⁶ Em uma função CES, para elasticidade de substituição igual a 1, as demandas se comportam como uma função Cobb-Douglas hierarquizada (i.e., participação nos gastos são constantes mesmo com mudanças de preços relativos). Se o parâmetro é igual a zero, a demanda segue a forma de Leontief (i.e., proporções das quantidades constantes independentemente do preço) (Dixon *et al.*, 1980).

Assim, sob uma função CES, as equações de demanda por insumos podem ser decompostas em dois efeitos, a saber: efeito substituição - medido pelo desvio da taxa de crescimento do preço do insumo em relação ao preço ponderado pela participação nos custos de todos os insumos multiplicado pela elasticidade de substituição - e efeito-renda, que mede a taxa de crescimento da produção setorial.

A utilização de funções CES na tecnologia de produção decorre da adoção da hipótese de Armington (Armington, 1969) para a diferenciação de produtos, implicando em condições de substituição imperfeita para bens de diferentes origens, característica que proporciona ao modelo “padrões de comércio intra-setoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura” (DOMINGUES, 2002, p.51).

Demanda das famílias

Uma função consumo *Keynesiana* determina o gasto como uma função da renda disponível. A especificação da demanda das famílias é baseada num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. As equações de demanda são derivadas a partir de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue passos hierarquizados. No primeiro nível ocorre substituição CES entre bens domésticos e importados.

No nível superior subsequente há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos; assim a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES), no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

A denominação Sistema Linear de Gastos deriva da propriedade de que o gasto em cada bem é uma função linear dos preços médios (composto importado e doméstico) e do gasto (renda). Existe um requisito de “subsistência” em cada bem, cujas quantidades são adquiridas qualquer que seja o preço do bem. O resíduo do orçamento do consumidor, depois dos gastos totais de subsistência, é chamado de “gasto de luxo” ou gasto em “supernumerário”. A alocação do gasto de luxo nos diversos bens segue uma participação orçamentária marginal – calibrada de acordo com parâmetros de elasticidade do gasto e de participação orçamentária.

Formalmente, a função utilidade per capita Stone-Geary ou Klein-Rubin, que possui a forma de uma Cobb-Douglas, pode ser definida pela equação seguinte¹⁷:

$$U(r) = \sum_i^N \frac{1}{Q_r} (X(r) - \gamma(r))^{\beta \cdot r} \quad (3)$$

Onde $X(r)$ é o consumo agregado do bem i em r e Q é o número de famílias na região r . γ , a quantidade de subsistência em cada região r , e β , participação orçamentária marginal sobre gastos

¹⁷ A formalização segue Haddad (2004).

totais em bens de luxo, são vetores de parâmetros. Como observado por Peter *et al.* (1996), uma característica da função utilidade Stone-Geary é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afeta a utilidade per capita.

O sistema de demanda regional resultante implica que a quantia gasta em cada bem acima do nível de subsistência, $(X(r) - \gamma(r)) \cdot p_{i,r}$ é dada por uma participação constante no total gasto em bens de luxo:

$$X(r) - \gamma(r) \cdot P(k, r) = \beta_i(i, r) \sum_k k \equiv [(X(k, r) - \gamma(k, r)) \cdot P(k, r)] \quad (4)$$

Demanda por investimento e índices

A seguir, examinam-se as equações referentes à demanda por investimento e índices de preços - condicionados ao investimento por setor. A equação de criação de novo capital no setor i é obtida através da tecnologia de Leontief (combinação dos insumos intermediários em proporções fixas). A quantidade do bem c demandado pelo setor i na região r , $I_{c,i,r}$, é proporcional ao nível de investimento pelo setor i na região r , $V_{i,r}$ multiplicado pelo termo tecnológico $A_{c,i,r}$.

$$I_{c,i,r} = A_{c,i,r} \times V_{i,r} \quad (5)$$

Definiu-se, também, o preço de compra do bem c para o investimento em r , $P_{c,r}$, como o preço de compra do investidor, $PS_{c,inv,d}$.

$$P_{c,r} = PS_{c,inv,d} \quad (6)$$

Em seguida, pode ser calculado o índice de preço do investimento do setor i na região r , $PV_{i,r}$, multiplicado pelo investimento do setor, como a soma dos investimentos para todos os produtos.

$$PV_{i,r} \times V_{i,r} = \sum_c (P_{c,r} \times I_{c,i,r}) \quad (7)$$

A última equação, por sua vez, mostra a demanda de investimento por compostos domésticos e importados, $IS_{c,r}$ em cada região r , como a soma das demandas de todos os setores por bens de investimento, $I_{c,i,r}$.

$$IS_{c,r} = \sum_i I_{c,i,r} \quad (8)$$

Demandas por investimento de setores específicos

Consideram-se as demandas por investimento de setores específicos. A taxa de retorno bruta, $R_{i,r}$, é determinada como a razão entre a rentabilidade do capital (aluguel) na região r e o índice de preço do investimento no setor (preço de novas unidades de capital na abordagem de estática comparativa determinada pelo modelo).

$$R_{i,r} = \frac{PK_{i,r}}{P_{i,r}} \quad (9)$$

A taxa de crescimento bruto de capital na região r , $K_{i,r}$ por sua vez, é uma razão entre o investimento pelo setor em r , $V_{i,r}$ e o uso ou estoque de capital em r , $K_{i,r}$.

$$K_{i,r} = \frac{V_{i,r}}{K_{i,r}} \quad (10)$$

$K_{i,r}$ é determinado pela regra de investimento proposta em Dixon *et al.* (1982).

$$K_{i,r} = F1_{i,r} \times \left\{ \frac{[[R]_{i,r}^2]}{ISLACK} \right\}^{0.33} \quad (11)$$

Composição do trabalho por tipo

Este aninhamento é expresso pelas equações que determinam a demanda por trabalho da indústria i na região r , $L_{i,r}$, e os salários por indústria, ocupação e região, $PL_{i,r}$. $PL_{i,r}$ é proporcional ao insumo trabalho efetivo, $L_{c,i,r}$ e um termo de salário elevado às elasticidades de substituição entre o trabalho em cada indústria i , σ_{lab_i} . O termo salário é composto de taxas de salário, $PL_{i,r}$. Mudanças nos preços relativos dos diferentes tipos de trabalho induzem substituição em favor de ocupações relativamente mais baratas.

$$L_{i,r} = [(PL)_{i,r}]^{\sigma_{lab_i}} \quad (12)$$

Demanda por fatores primários

Calculado as demandas por trabalho aninhadas, necessita-se agora explicar as demandas por fatores primários baseadas na minimização de custo em cada região. Trabalho efetivo, capital, custo e terra são combinados usando uma função CES. $L_{i,r}$ é proporcional à demanda global por fatores primários, $M_{i,r}$, e ao termo de preço elevado à elasticidade de substituição dos fatores primários, σm_i . Dividiu-se também a quantidade e multiplicou-se o preço pelo termo de mudança tecnológica no trabalho, $AL_{i,r}$, para obter a demanda por trabalho efetivo. O termo de preço é composto do preço

relativo do trabalho, $PL_{i,r}$, e pelo preço dos fatores compostos, $PM_{i,r}$. Mudanças nos termos de preços induzem substituição em favor dos fatores relativamente mais baratos.

$$\frac{L_{i,r}}{[[PM]_{i,r} \times AL_{i,r}]} = \left[\frac{[PL]_{i,r} \times \frac{AL_{i,r}}{M_{i,r}}}{[PM]_{i,r}} \right]^{\sigma m_i} \quad (13)$$

As mesmas equações de otimização se aplicam a demanda por capital em $rK_{i,r}$, e a demanda por terra em $rT_{i,d}$.

$$\frac{K_{i,r}}{[[M]_{i,r} \times AK_{i,r}]} = \left[\frac{[PK]_{i,r} \times \frac{AK_{i,r}}{PM_{i,r}}}{[M]_{i,r}} \right]^{\sigma prim_i} \quad (14)$$

$$\frac{T_{i,r}}{[[M]_{i,r} \times AT_{i,r}]} = \left[\frac{[PT]_{i,r} \times \frac{T_{i,r}}{PM_{i,r}}}{[M]_{i,r}} \right]^{\sigma prim_i} \quad (15)$$

Os preços dos fatores primários são determinados pela soma do valor dos componentes em cada região. Isso resolve para o preço dos fatores compostos, $PM_{i,r}$.

$$[[PM]_{i,r} \times M_{i,r}] = [[PL]_{i,r} \times L_{i,r} + PK_{i,d} \times K_{i,d} + PT_{i,d} \times T_{i,d}] \quad (16)$$