

Modelagem do uso da Terra e Efeitos de Mudanças na Produtividade Agrícola entre 2008 e 2015[♦]

Weslem Rodrigues Faria¹

Eduardo Amaral Haddad²

Resumo

O artigo apresenta os resultados dos efeitos sistêmicos da mudança no padrão da produtividade agrícola entre 2008 e 2015. Para isso foi utilizado um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com especificação detalhada do uso da terra. Tal análise representa avanços no sentido de contribuir tanto para a modelagem econômica com uso da terra quanto na investigação dos impactos econômicos sistêmicos da mudança no padrão espacial da produtividade agrícola no Brasil. Os resultados indicaram que essa mudança teve efeitos positivos sobre o PIB real nacional e da maioria dos estados, contribuindo também para a redução das disparidades regionais.

Palavras-Chave

Uso da terra. Produtividade agrícola. Modelo EGC.

Abstract

The article presents the results of the systemic effects of the change in the pattern of agricultural productivity between 2008 and 2015. A computable general equilibrium model (CGE) was used with detailed specification of land use. This analysis represents advances to contribute to both the economic modeling of land use and the investigation of systemic economic impacts of changes in the spatial pattern of agricultural productivity in Brazil. The results indicate that this change had a positive effect on the national real GDP and GRP of most states; it also contributed to reducing regional disparities in the country.

[♦] Os autores agradecem o auxílio financeiro da Rede Clima, CAPES e FINE. *This work was partly supported by the National Institute of Science and Technology for Climate Change Phase 2 under CNPq Grant 465501/2014-1, FAPESP Grant 2014/50848-9 and the National Coordination for High Level Education and Training (CAPES) Grant 16/2014.*

¹ Professor – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Faculdade de Economia e Programa de Pós-Graduação em Economia – Endereço: Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário – Faculdade de Economia – Juiz de Fora/MG – Brasil – CEP: 36036-330 E-mail: weslem.faria@ufjf.edu.br – <https://orcid.org/0000-0002-4398-3321>

² Professor – Universidade de São Paulo – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (USP) – Endereço: Av. Prof. Luciano Gualberto, 908 – Cidade Universitária – São Paulo/SP Brasil – CEP: 05508-010 – E-mail: ehaddad@usp.br – <https://orcid.org/0000-0001-6564-6716>
Recebido: 04/11/2016. aceite: 27/08/2018.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Keywords

Land use. Agricultural productivity. CGE Model.

JEL Classification

C68. Q10. R14.

1. Introdução

Entre 2008 e 2015, período de análise do presente trabalho, a agropecuária passou por mudanças consistentes com o ambiente econômico geral. Nesse período, a economia mundial enfrentou uma grave crise que o Brasil conseguiu mitigar seus efeitos em termos relativos. O PIB do Brasil cresceu cerca de 13% no período e a agropecuária aumentou sua participação relativa ao ano de 2000 no crescimento do PIB em 4,2% (IBGE 2016, 2017). As exportações deste setor cresceram quase 34% no período (MIDC 2016). Os resultados da agropecuária para o período em questão foram consequência, em parte, das transformações ocorridas no setor principalmente na década anterior. Entre 1996 e 2006, o PIB da agropecuária quase triplicou e as exportações desse setor mais que quadruplicaram (IPEADATA 2016). Mudanças como incremento na infraestrutura produtiva e maior acessibilidade e qualidade nas condições para produção agrícola nesse período podem estar entre os principais responsáveis pelo aumento tanto na produção quanto na competitividade dos produtos do setor no mercado internacional. Entre os Censos Agropecuários de 1996 e 2006, o número de estabelecimentos contabilizados caiu cerca de 3%, no entanto, o número de estabelecimentos que reportaram fazer uso de energia elétrica aumentou 90% e de maquinaria, 140%. Tais fatores podem ter influenciado em uma das principais medidas relacionadas ao desempenho do setor agrícola que é a produtividade futura (Moreira *et al.* 2007).

Nesse contexto, são dois os objetivos do artigo. O primeiro é projetar os efeitos econômicos da mudança no padrão espacial da produtividade agrícola no Brasil entre 2008 e 2015. Com isso, pretende-se responder as seguintes perguntas: Quais seriam os prováveis efeitos sobre os indicadores macroeconômicos? Quais seriam os setores e regiões mais ou menos afetados positivamente ou negativamente? O segundo objetivo é desenvolver e implementar um modelo econômico com estrutura detalhada do uso da terra capaz de lidar de forma adequada com o problema empírico que

se coloca. A forma de consideração do uso da terra e o seu detalhamento representam mudanças diferenciais na metodologia empregada e permitem que políticas e fenômenos relacionados ao fator de produção terra sejam mais bem avaliados.

A construção de um modelo econômico, como o descrito neste artigo, com detalhamento do uso da terra pelas atividades agrícolas, permite a projeção de resultados sobre setores e regiões dos efeitos de mudanças específicas na estrutura da agropecuária. O detalhamento do uso terra pelo modelo relaciona possibilidades de alocação da terra entre as diferentes atividades agrícolas de acordo com os possíveis retornos e custos de oportunidades relativos a cada uma. A terra é considerada um fator primário de produção e alocada apenas entre as atividades agrícolas. A forma de alocação da terra entre os usos constitui uma abordagem pioneira de modelagem EGC e, para o Brasil, isso também ocorre com relação ao mecanismo de variação do uso. Isso permite considerar especificamente o mercado do fator terra de cada atividade agrícola. Como se tem o relacionamento de cada atividade agrícola com os demais setores da economia, pode-se, portanto, verificar efeitos de políticas exógenas específicas, como as mudanças na produtividade, em uma atividade ou conjunto de atividades agrícolas sobre a economia. No caso do modelo apresentado, existe ainda a desagregação regional ao nível de Unidades da Federação.

Outras abordagens possuem restrições que não permitiriam tais resultados. Por exemplo, modelos de insumo-produto podem projetar efeitos econômicos, assim como o modelo EGC construído, porém não consideram preços relativos. Os preços relativos são fundamentais e precisam ser considerados, uma vez que as decisões dos agentes em alocarem terra entre os possíveis usos devem considerar retornos e custos relativos. Modelos econométricos podem captar a relação causal entre retorno da terra e alocação entre possíveis usos, porém não permitem a obtenção de projeções econômicas de mudanças na produtividade de forma sistêmica sobre os demais setores da economia e regiões.

A justificativa para a utilização do período 2008-2015 para projetar os efeitos econômicos da mudança na produtividade agrícola reside em dois fatos. O primeiro é que o modelo utilizado é calibrado com informações da economia brasileira para o ano de 2007 e com dados relacionados ao setor da agropecuária (e.g. uso da terra) para o ano de 2006. Assim, tem-se o intervalo temporal adequado para a realização da análise para o período

entre 2008 e 2015. O segundo fato é que os resultados projetados captarão os efeitos de operação das principais mudanças estruturais ocorridas no setor na década anterior. Como foi salientado, o período 1996-2006 foi marcado por grandes transformações no setor em que os estabelecimentos agrícolas puderam ampliar sua capacidade produtiva e adaptativa via acesso a crédito, máquinas e equipamentos, energia elétrica etc. Além disso, no período houve a criação do PRONAF e da política de equalização da taxa de juros (ETJ) (Conti, Roitman 2011). Portanto, o período 2008 a 2015 seria um período de operação das principais mudanças ocorridas com as construções do período anterior. Os resultados projetados da mudança espacial na produtividade agrícola entre 2008 e 2015 captaria tanto o efeito remanescente das transformações do setor da agropecuária, quanto o efeito da operação dessas transformações.

Para alcançar os objetivos, foi desenvolvido e utilizado um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com especificação detalhada do uso terra, tanto pelo lado da demanda quanto pelo lado da oferta. Os modelos de equilíbrio geral computável são ferramentas capazes de alcançar objetivos como o do presente trabalho, uma vez que fornecem os efeitos da mudança no padrão de produtividade agrícola de forma sistêmica sobre a economia, isto é, captam os efeitos de transbordamentos setoriais e regionais. Como destacou Lambin *et al.* (2003), as mudanças nos bens e serviços do ecossistema que resultam das mudanças no uso da terra podem ter efeitos de retroalimentação nos fatores que governam as mudanças no uso da terra. A principal hipótese do trabalho é que a especificação do fator terra pelo modelo possa permitir de forma mais adequada a propagação dos efeitos das mudanças na produtividade agrícola para a economia. Além disso, espera-se que os efeitos da mudança na produtividade agrícola sejam distintos em termos de nível de atividade setorial e regional, uma vez que estados e atividades tem intensidades distintas na utilização do fator terra e estruturas produtivas diferenciadas.

A tabela do Apêndice 1 apresenta a variação percentual da produtividade das culturas entre 2008 e 2015 nos estados. O conceito de produtividade utilizado baseia-se na razão entre produção total em toneladas e área colhida em hectares de cada região. Esta tabela mostra um amplo panorama acerca das principais variações que podem ter influenciado no padrão regional da produtividade agrícola. Percebe-se a existência de diferenciais de intensidade em termos de cultura e região. Com isso, tem-se distintos padrões do uso da terra ao longo do território brasileiro. Tal fato reforça

a importância de utilizar um modelo com estrutura detalhada do uso da terra para que as questões estruturais sejam consideradas. Os valores reportados na tabela do Apêndice 1 serão objeto de estudo futuro, aplicados para verificar os efeitos das variações na produtividade agrícola regional das lavouras entre 2008 e 2015.¹

Além desta introdução, o trabalho tem mais seis seções. A segunda discute brevemente alguns aspectos da análise da produtividade agrícola no Brasil e apresenta as estratégias existentes na literatura da forma de consideração do uso da terra em modelos EGC. A terceira descreve a estrutura do modelo, em especial a forma de incorporação do uso da terra, em termos de demanda e oferta. A quarta descreve o conjunto de dados utilizados para calibrar o modelo, o que inclui informações sobre o uso da terra e parâmetros comportamentais. A quinta apresenta os resultados. Por fim, são pontuadas as considerações finais.

2. Análise da Produtividade Agrícola no Brasil e Modelagem EGC com uso da Terra a partir das Estratégias de Incorporação

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura que analisam a produtividade agrícola no Brasil buscam identificar aspectos relacionados ao seu padrão espacial ou mudanças verificadas nesse mesmo padrão ao longo do tempo. Dois trabalhos recentes analisaram a questão do padrão espacial da produtividade agrícola. Perobelli *et al.* (2007) e Almeida *et al.* (2008) realizaram, respectivamente, uma análise exploratória dos dados espaciais e uma análise de convergência espacial para a produtividade agrícola média das microrregiões do Brasil entre os anos de 1991 e 2003. Outros trabalhos que podem ser citados são Bonelli e Fonseca (1998), Moreira *et al.* (2007) e Ozaki (2008).

Os trabalhos mencionados tiveram como objetivo medir a produtividade agrícola ou verificar seu padrão espacial. Não calcularam os efeitos sistêmicos sobre a economia das mudanças intertemporais verificadas em

¹ Foram desconsiderados, assim como apresentado nessa tabela, os valores da mudança na produtividade de nos estados em que a produção da lavoura era inicialmente nula, isto é, quando o estado não produzia certa lavoura em 2008 e passou a produzi-la em 2015. Isso foi desconsiderado por não informar o diferencial de produtividade entre estes dois anos.

seu padrão espacial e de magnitude. Em razão do objetivo do presente estudo, um modelo EGC é utilizado. Os modelos EGC têm como principal função calcular efeitos econômicos de políticas e fenômenos exógenos. Tal metodologia ganha ainda mais capacidade com a acomodação do uso da terra à estrutura do modelo. A principal vantagem de utilizar modelos EGC para análise do uso da terra é que tais modelos captam de forma sistêmica os efeitos de mudanças no padrão do uso da terra. Estes modelos são atrativos para este tipo de análise, uma vez que conseguem incorporar o comportamento dos produtores com relação à demanda por terra segundo as diferentes possibilidades de uso. Como estes modelos consideram preços relativos e, dado o comportamento otimizador dos produtores, a alocação da terra é direcionada ao uso produtivo de forma a fornecer o maior retorno. Como os trabalhos desenvolvidos para analisar uso da terra a partir de modelos EGC são recentes e pouco abundantes, destacamos dois estudos de revisão de literatura sobre o tema: Heistermann *et al.* (2006) e Hertel *et al.* (2008). A seguir é apresentada uma discussão mais detalhada sobre a literatura que discute uso da terra em modelos EGC.

Os modelos EGC são amplamente utilizados para avaliação de políticas tarifárias, comércio exterior e transporte. No entanto, a implementação do uso da terra em modelos EGC é relativamente recente em comparação a estas análises. Embora muitos economistas clássicos tenham desenvolvido seus trabalhos baseados na utilização do fator de produção terra, parte do interesse sobre o tema foi diminuindo ao longo do século XX. Como mencionou Barbier (2001), os economistas não foram os primeiros cientistas a voltarem atenção para as consequências da destruição de áreas de florestas e perda de biodiversidade. No entanto, o recente debate sobre intensidade do uso da terra e questões ambientais pode ter estimulado os pesquisadores a superarem as principais dificuldades técnicas associadas à ligação entre o uso terra e os modelos EGC.

A principal dificuldade de considerar de forma conjunta o uso da terra e a modelagem EGC é a forma com que o uso da terra é especificado no modelo EGC ou a forma de integração. Assim, o foco desta seção será na investigação da estratégia utilizada pelos trabalhos na implementação do uso da terra no modelo EGC e, quando for o caso, identificação das variáveis ou equações de ligação. O primeiro trabalho amplamente conhecido de modelagem EGC com uso da terra foi o de Darwin *et al.* (1995). Estes autores empregaram uma estratégia de modelagem integrada, chamada FARM, para avaliar como mudanças climáticas poderiam afetar crescimen-

to populacional, comércio internacional e economia. A modelagem FARM era constituída de dois módulos: (i) geográfico-ambiental, representado por um modelo de circulação geral, que era calibrado com informações geo-referenciadas que fazia a ligação do clima com a disponibilidade de terra e água; e (ii) econômico, que era representado por um modelo EGC (Darwin *et al.* 1996). A parte geográfica do FARM classificava a terra em seis classes, segundo a duração do período de crescimento das lavouras (estações). Não foi permitida iteração entre os dois módulos, caracterizando uma integração no estilo *softlink*.

O modelo GTAP (Hertel 1997) foi o grande foco para o desenvolvimento da análise de uso da terra em modelos EGC, e algumas versões deste modelo para acomodar de forma mais detalhada a estrutura da terra foram observadas. Burniaux (2002) também desenvolveu uma estratégia de integração entre um modelo geográfico e um modelo EGC, porém para avaliar efeitos de redução de emissões. Nesta estratégia, o modelo geográfico, chamado IMAGE, forneceria ao modelo econômico GTAPE-L as matrizes de transição do uso da terra necessárias para a projeção dos resultados.

A maioria das análises envolvendo o uso da terra em modelos EGC foi realizada considerando a estratégia de incorporação adotada na construção do modelo GTAP-AEZ (Lee 2004). Este modelo foi desenvolvido para retratar emissões relacionadas ao uso da terra e descrever o processo utilizado para a consideração de aspectos biofísicos, e.g., temperatura, precipitação, tipos de solo e condições da terra, no procedimento de calibragem do modelo EGC. O uso da terra foi considerado em termos de Zonas Agro-Ecológicas (AEZ) com 18 AEZ globais classificadas pela FAO. As 18 AEZ foram classificadas de acordo com três zonas climáticas, cada zona era formada por seis AEZ. Cada AEZ possuía uma característica própria, sendo a vocação de cada AEZ definida pelo principal produto da região. A ligação do uso da terra em termos de AEZ com o modelo EGC foi feita utilizando uma equação, que distribuiu a retorno de cada uso da terra em cada AEZ.

A partir do GTAP-AEZ, outros desenvolvimentos foram realizados tomando como base da estrutura sugerida por este modelo.² O modelo GTAP-EPA³ decompôs o retorno da terra entre as AEZ no processo de calibração

² Outros desenvolvimentos incluem os modelos GTAP-AEZ-GHG, ENVISAGE e LEITAP.

³ EPA é uma sigla que vem do inglês *Environmental Protection Agency*.

(Lee *et al.* 2005). A partir desse estudo, o modelo GTEM foi desenvolvido para especificar o uso da terra nas bases do modelo MEGABARE, feito no âmbito de um estudo do ABARE (Hinchy, Hanslow 1996). Em relação ao GTAP-EPA, esta estratégia contribuiu na incorporação na dinâmica de floresta e do setor madeireiro no modelo EGC e a possibilidade de sequestro de carbono que poderia ser associada a isso. Além disso, introduziu também a possibilidade de substituição entre terra e fertilizantes na tecnologia de produção e a estrutura da oferta da terra foi desenhada para acomodar de forma flexível a possibilidade de alocação da terra entre as atividades agrícolas e de floresta.

O potencial de aplicação desta modelagem para o Brasil é elevado, uma vez que o país possui uma estrutura espacial heterogênea de produção agrícola, com reflexo sobre a disponibilidade de terra e possibilidades de conversão. No entanto, nos trabalhos observados para o Brasil não houve tratamento detalhado do uso da terra, em termos de definição de diferentes tipos de uso na especificação da demanda e oferta de terra e, conseqüentemente, do relacionamento entre estas. Um dos trabalhos realizados de maior abrangência neste sentido foi o de Cattaneo (2001), que dividiu o uso da terra entre arável, pastagem e floresta. Outros trabalhos como Domingues *et al.* (2008) e Moraes (2010) também seguem estratégias do tipo *softlink*. Já Carvalho (2014), Ferreira Filho e Horridge (2014) e Ferreira Filho *et al.* (2015) utilizam uma estratégia de integração entre modelo EGC e matriz de transição de mudanças no uso da terra. A descrição do modelo realizada na próxima seção evidencia as diferenças encontradas nas estratégias adotadas pelos trabalhos mencionados nesta seção e a utilizada no presente estudo.

3. Estrutura do Modelo

O modelo utilizado é o *Brazilian Land Use Energy* (BLUE)⁴ e foi derivado a partir do modelo B-MARIA-27, que serviu como base para a especificação das equações comportamentais e para implementação computacional.

⁴ A estrutura do BLUE foi construída a partir da especificação adotada pelos modelos B-MARIA-27-COM (Haddad *et al.* 2009), ENERGY-BR (Santos 2010), MMRF-GREEN (Adams *et al.* 2002), GTAP-E (Burniaux e Truong 2002) e nas versões dinâmicas dos modelos MONASH (Dixon, Rimmer 1998, 2002) e ORANI-G (Horridge 2003).

A estrutura energética do modelo ENERGY-BR foi adotada para a incorporação dos produtos e setores de energia ao banco de dados do modelo. Os setores de energia foram mantidos de forma desagregada para ampliar a capacidade analítica do modelo. Dessa forma, o modelo pode ser utilizado para verificar, por exemplo, como especificidades da atividade de cana-de-açúcar (e.g. produtividade e uso da terra e *trade-off* na cadeia de produção entre etanol e alimentos e bebidas) podem impactar a demanda e oferta de termoeletricidade da biomassa. A estrutura geral deste é fundamentada na tradição australiana de modelagem EGC, cujo método de solução é baseado no procedimento de Johansen (1960) para modelos linearizados.

3.1. Características do Modelo

O modelo reconhece a economia de 27 regiões do Brasil, correspondentes às 27 Unidades da Federação. Os resultados são baseados na abordagem *bottom-up*, em que resultados nacionais são obtidos a partir da agregação dos resultados regionais. O modelo identifica, em cada uma das 27 Unidades da Federação, 42 atividades e produtos, sendo, destes todos, treze relativos à agropecuária e nove, à energia. O sistema corresponde a uma relação atividade \times produto, adotada para que o modelo pudesse observar o componente terra do valor adicionado de forma desagregada. A escolha desta estrutura embasada na quantidade de atividades e produtos deveu-se à possibilidade de captação do relacionamento entre os diferentes usos da terra e as atividades agrícolas.

3.2. Estrutura Teórica do Modelo

A estrutura teórica do modelo segue o pressuposto de uma economia walrasiana, em que o equilíbrio nos mercados é alcançado e outras hipóteses são assumidas em conformidade com a estrutura formal de um sistema de equilíbrio geral Arrow-Debreu padrão (Arrow, Hahn 1971).

O sistema de equações linearizadas mostra as relações que determinam demanda e oferta, derivadas de hipóteses de otimização e equilíbrio de mercados competitivos. Além disso, são representados os agregados regionais e nacionais de emprego, nível de preços e balança comercial (Haddad

1999). A estrutura do modelo pode ser representada basicamente por cinco módulos de equações integradas, relativas (1) ao *core* (núcleo) do modelo; (2) ao mercado de trabalho e migração regional; (3) às finanças públicas; (4) à acumulação de dívida externa; e (5) às emissões. As características do modelo com relação à acumulação de capital, investimento e dinâmica recursiva também foram representadas. As dimensões retratadas pelas equações enunciam o conjunto de agentes acionados. Ao todo, seis tipos diferentes de agentes têm o comportamento determinado pelas equações: 42 produtores, sendo que cada um produz um dos 42 tipos diferentes de produtos, em cada região, sendo que atividades da agropecuária podem usar 13 diferentes tipos de terra; 42 investidores regionais; 27 famílias regionais; 27 governos regionais; 1 governo federal; e 1 consumidor estrangeiro. Dois produtos são considerados produtos de margens: Comércio e Transporte e Correio.

3.2.1. Demanda por Insumos no Processo de Produção, Oferta de Terra e Fronteira de Transformação de Terra

As principais mudanças inseridas no modelo BLUE em relação aos outros modelos EGC desenvolvidos para analisar a economia brasileira correspondem a um maior detalhamento da demanda por insumos intermediários e primários. Em particular, tais mudanças foram introduzidas na especificação do fator terra e no processo de substituição para os produtos da agropecuária. A Figura 1 retrata a estrutura aninhada da tecnologia de produção do modelo. Tal figura foi dividida em quatro partes para facilitar a apresentação das mudanças e as etapas seguidas no processo de modificação: o bloco I refere-se à estrutura de substituição entre bens domésticos e importados; o bloco II corresponde à estrutura de substituição entre os insumos energéticos intermediários; o bloco III retrata o processo de substituição entre os insumos da agropecuária; e o bloco IV apresenta a estrutura dos insumos primários de produção, em que o processo de substituição entre os usos de terra para a formação do composto terra está inserido.

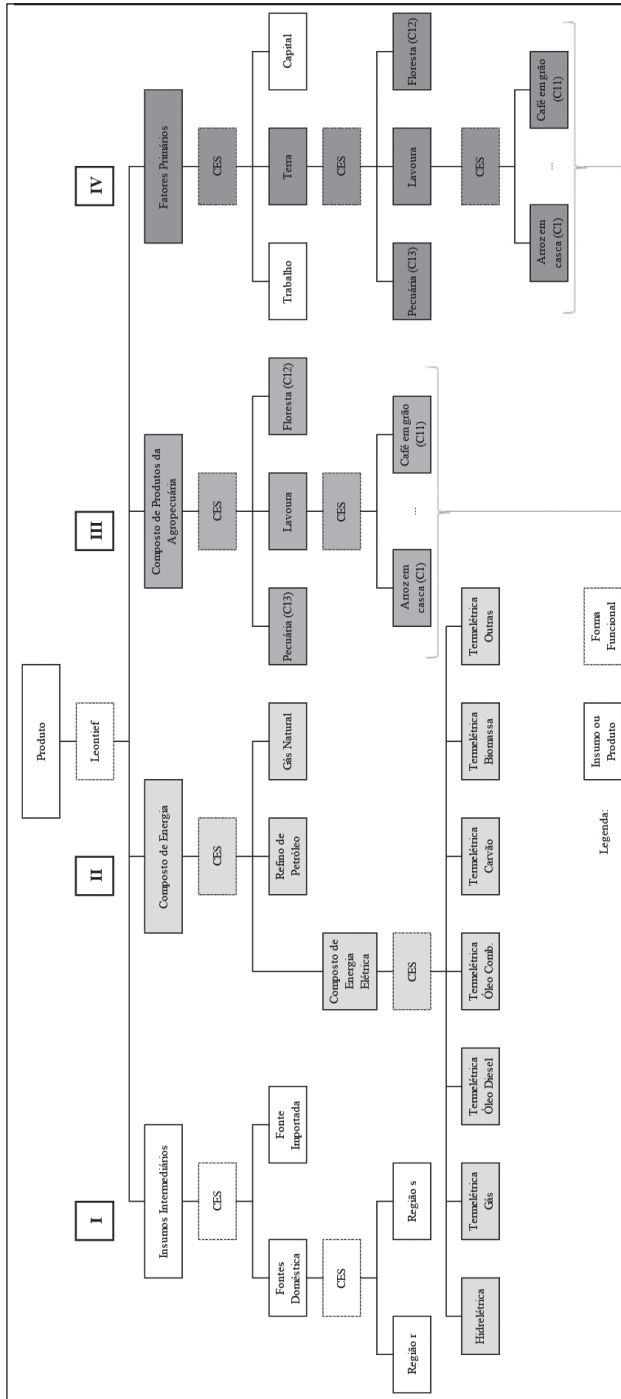


Figura 1 - Estrutura aninhada da tecnologia de produção

Em geral, o modelo reconhece dois tipos de insumos: insumos intermediários e insumos primários. Dentro dos insumos intermediários, foram consideradas três categorias: insumos intermediários energéticos, insumos intermediários da agropecuária e outros insumos intermediários. Três diferentes fatores primários foram utilizados: terra, capital e trabalho. O comportamento dos agentes produtores é assumido otimizador em relação à demanda por fatores de produção, isto é, os agentes produtores escolhem uma combinação de fatores que minimizam custos de produção para um dado nível de produto.

A tecnologia de produção do modelo possui três níveis com relação aos insumos intermediários e quatro níveis na demanda por insumos primários. No primeiro nível, os insumos intermediários de energia, da agropecuária, outros insumos intermediários e fatores primários são combinados por meio de uma tecnologia de produção Leontief, que define a utilização em proporções fixas destes insumos. Os outros níveis foram detalhados abaixo de acordo com os blocos definidos anteriormente.

Os insumos intermediários podem ser demandados por duas fontes regionais: doméstica e exterior. O bloco I retrata a estrutura da demanda por insumos intermediários domésticos e importados. Foi assumido um processo de substituição imperfeito de Armington (1969) entre os insumos destas duas fontes e também entre as fontes regionais. Embora não seja apresentada na Figura 1, a substituição entre bens domésticos e importados engloba também os produtos da agropecuária e de energia. O bloco II, relativo à estrutura de substituição da demanda por insumos energéticos, foi especificado de acordo com os procedimentos adotados nos modelos MMRF-GREEN e ENERGY-BR.

O bloco III representa a estrutura empregada de substituição do composto da agropecuária, formado no nível superior pelo composto dos produtos de lavouras, *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* e *Bovinos e Outros Animais Vivos*. A tecnologia CES de substituição foi utilizada para retratar as oportunidades deparadas pelos agentes produtores quanto à utilização destes insumos. No nível mais inferior deste bloco, a possibilidade de substituição entre os produtos da lavoura é retratada com especificação CES. Este esquema não permite que os agentes produtores demandem produtos da lavoura diretamente, sendo necessária a formação do composto de lavouras e, subsequentemente, do composto da agropecuária.

O bloco IV diz respeito à estrutura de substituição entre os insumos primários de produção. Os três níveis foram especificados com tecnologia de substituição CES. A demanda pelo fator terra foi representada em medida de retorno ou remuneração, distinguida segundo os possíveis usos. O uso da terra neste modelo, relativo, neste caso, à demanda por terra, é representado pela remuneração que cada uso da terra pode fornecer ao produtor caso esta seja utilizada na finalidade associada.⁵ Como apenas as atividades da agropecuária utilizam terra como insumo, não existe ligação direta no modelo entre terra e as outras atividades. O modelo utilizado tem estrutura baseada na metodologia EGC, que permite que efeitos substituição e competição sejam captados. Logo, as atividades agrícolas utilizam terra para produzir, como trabalho e capital, e isso se espalha para o sistema produtivo. Não existe dupla contagem no uso da terra, uma vez que as atividades não agrícolas apenas utilizam terra indiretamente, via utilização de insumo agrícolas no processo de produção.⁶

Esta estrutura da demanda por terra, segundo os diferentes usos, foi associada à oferta de terra. O modo de ligação entre a demanda e a oferta foi feita de forma que a demanda por terra governa o processo de conversão de terra entre os usos, isto é, o lado da oferta.⁷ No núcleo do modelo, foi alcançado especificando que a variação percentual na demanda por terra é igual à variação percentual da oferta de terra. Isto quer dizer que mudanças no retorno da terra afetam a demanda por terra segundo os diferentes usos, que por sua vez afetam a quantidade de terra empregada em cada uso. Este procedimento garante também que o equilíbrio no mercado de terra seja alcançado. O total da oferta de terra disponível regionalmente, isto é, o total de terra potencialmente convertível em cada uma das Unidades da Federação, foi mantido fixo. Foi utilizada uma tecnologia CET para governar o processo de transformação entre os usos.⁸

⁵ Vale destacar também que as tecnologias de produção das atividades são especificadas como funções de produção em níveis. Para a construção de uma estrutura aninhada, como foi descrita acima, normalmente é assumido separabilidade entre os níveis. A hipótese de separabilidade implica que taxas marginais de substituição entre pares de fatores, considerando um grupo separado, sejam independentes dos níveis dos fatores, excluindo aquele grupo (Berndt, Christensen 1974).

⁶ A produtividade da terra é exógena e é o elemento utilizado na análise do estudo. Portanto, a produtividade da terra não é modelada para mudar devido a ajustes sistêmicos devido a choques exógenos, e.g., aumento da produtividade devido ao uso mais intensivo de adubos e fertilizantes agrícolas.

⁷ O conceito de conversão de terra empregado refere-se à mudança de uma categoria de cobertura da terra para outra, como no caso da expansão da agricultura e desmatamento. Isso é distinto de modificações da cobertura da terra que são mais sutis e afetam o caráter da cobertura da terra sem mudar sua classificação média (Lambin *et al.* 2003).

⁸ Apenas um nível foi estabelecido na especificação da oferta de terra, correspondente às possibilidades de alocação entre os treze tipos de usos de terra do modelo. Esta função assume a mesma facilidade ou rigidez de conversão entre as possibilidades de emprego do uso da terra. No entanto, o

A ligação sistêmica estabelecida no modelo implica que a produção dos produtos da agropecuária considerados tenha ligação com a oferta de terra via demanda por terra. Uma vez que a demanda por terra é ligada à estrutura dos insumos agropecuários, e demanda e oferta de terra têm relacionamento estabelecido no núcleo do modelo, o mecanismo de equilíbrio geral permite que a produção de insumos da agropecuária dependa da quantidade de terra alocada em sua produção.

A especificação da oferta de terra seguiu o procedimento sugerido por Van Meijl *et al.* (2006). Este procedimento consiste na especificação de uma curva de oferta para a agropecuária em um contexto de equilíbrio geral, de forma a relacionar a oferta de terra, considerada neste modelo em termos físicos, e os retornos da terra em cada região (lado da demanda). A ideia principal da curva de oferta é retratar o fato de que terras mais produtivas são em princípio utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, que utilizar marginalmente terra disponível em potencial, ou seja, terra que poderia ser convertida em uso produtivo, na produção da agropecuária é limitada. Se a diferença entre a quantidade de terra potencialmente disponível e a quantidade de terra já empregada na produção da agropecuária é grande, então aumentos na demanda por terra para a produção da agropecuária conduzirão a uma conversão de terra para a utilização da agropecuária, e um pequeno aumento nos retornos da terra ocorrerá para compensar os custos associados a esta conversão.

Quando o emprego de uso da terra da agropecuária aumenta, há um efeito positivo sobre os retornos da terra, porque uma escassez relativa de terra é criada na economia. Dessa forma, quando quase toda a terra disponível já está empregada no uso da agropecuária, um aumento na demanda por terra para utilização na produção conduzirá a aumentos significativos das taxas de retorno da terra, uma vez que sua oferta, que já era escassa, torna-se ainda mais. Neste caso, em que o uso de terra da agropecuária corresponde à quase totalidade de terra disponível, a conversão de terra é mais difícil de ser alcançada. A Figura 2 esquematiza estas situações. A elasticidade da oferta de terra com relação aos retornos da terra deve refletir estes fatos. Quanto maior a disponibilidade de terra, o que implica maior facilidade no processo de conversão de terra no que condiz a custos, cujos impactos são refletidos nos retornos da terra, maior deve ser o valor da elasticidade da

mecanismo de ligação da oferta de terra com a demanda permite que mudanças físicas na alocação de terra seja controlada por mudanças percentuais da demanda. Isso contorna a limitação do uso da função CET que usualmente não permite a conservação da quantidade total da área após a transformação de um tipo de uso para outro.

oferta de terra. Por outro lado, quanto maior for a proporção da terra em uso no total de terra disponível, menor deve ser o valor da elasticidade, de forma a refletir as dificuldades associadas à conversão de terra. Em cada região, foi assumido que a curva de oferta segue o formato da equação matemática:

$$S = a - \frac{b}{p} \quad (1)$$

em que S representa a oferta de terra correspondente ao total de terra utilizada no processo de produção; p é o valor da terra regional; $a > 0$ é uma assíntota, interpretada como o total de terra disponível na região ou o máximo de terra potencial disponível que pode ser convertida para a produção; e b é um parâmetro positivo que determina o formato da curva de oferta. A elasticidade da oferta de terra E com relação ao valor da terra é igual a:

$$E = \frac{b}{(a \times p) - b} \quad (2)$$

Os valores de a e b da função oferta de terra foram calibrados de forma a reproduzir o banco de dados do modelo. Foi assumido que o máximo de terra potencialmente disponível para o uso da agropecuária, expresso pela assíntota a , é a soma da quantidade de terra já empregada na produção da agropecuária e da quantidade de terra de áreas de floresta de reserva. De posse dessas informações o termo b pode ser calculado. A tabela do Apêndice 2 mostra as participações (em %) do uso da terra regional no total da oferta de terra e as elasticidades de substituição regional na oferta de terra. Percebe-se que quanto maior a participação (em %), menor o valor da elasticidade.

Podem ser destacados três pontos com relação ao processo de conversão de terra no uso da agropecuária. O primeiro é que tal processo considera a oferta de terra correspondente ao total de terra utilizada no processo de produção (S) e o total de terra disponível na região ou o máximo de terra potencial disponível que pode ser convertida para a produção (a). A primeira impressão é que a expansão da oferta de terra poderia ser superestimada pelos processos de conversão de terra: a) transformação de áreas de pastagens e de áreas de silvicultura em áreas de cultura e b) um processo de expansão da oferta total de terra agropecuária, que ocorrem dinamicamente ao mesmo tempo em equilíbrio geral. No entanto, o mecanismo do

processo b) desconta do parâmetro a os valores de S , evitando esse problema. O segundo ponto é que no modelo há a hipótese subjacente de que existe um retorno implícito para o agente representativo em manter certa quantidade de floresta de reserva além daquela exigida por Lei. O terceiro ponto é que o modelo considera dois tipos de desmatamento, um advindo do processo a) e outro do processo b), isto é, um desmatamento criado a partir da conversão da terra utilizada na silvicultura e exploração vegetal em uso de cultura e pastagem e outro criado a partir da conversão de áreas de floresta de reserva em uso de cultura e pastagem.

Vale destacar que o uso da terra destinado à atividade de floresta (*Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) não engloba áreas de reserva, classificadas e utilizadas de acordo com a descrição do Censo como matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, áreas de pastagens naturais e áreas de matas e/ou florestas naturais (exclusive áreas de preservação permanente e áreas de sistemas agroflorestais). Esta informação foi agregada regionalmente em conjunto com a utilização da terra agregada pelos usos correspondentes às atividades agrícolas (*Arroz em casca* (C1) até *Café em Grão* (C11)), exploração vegetal (*Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) e pecuária (*Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13)). Dessa forma, obteve-se uma medida regional de terra disponível, considerada no modelo como o total de oferta de terra na economia ou o potencial de utilização de terra. Isso implica que o modelo permita que sejam convertidas áreas de matas naturais ou reserva legal em áreas para a produção de culturas, pecuária ou exploração vegetal.⁹

⁹ Com relação a este ponto, foi introduzida no modelo uma limitação no processo de conversão de terra de áreas de reserva legal para uso agrícola de forma consistente com a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. O processo de conversão de terra introduzido no modelo de áreas de reserva legal regional para de uso produtivo foi limitado de modo a não reduzir para menos de 20% as áreas de reserva legal.

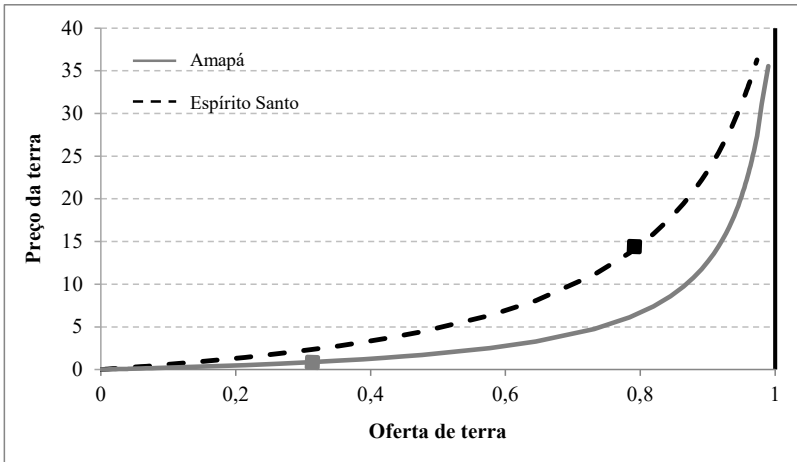


Figura 2 - Curvas de oferta de terra (assíntota escalonada para 1) para o Espírito Santo e para o Amapá e suas posições na curva de oferta

A Figura 2 resume os principais fatos envolvidos nesse procedimento de modelagem da oferta de terra. Os casos de Espírito Santo e Amapá foram utilizados para ilustrar o comportamento da curva de oferta, definido supondo o formato da Equação (1). Os Estados do Espírito Santo e do Amapá foram escolhidos em razão de o Espírito Santo ser o estado com o maior grau de utilização de terra na produção da agropecuária considerando o total de terra potencial, e de o Estado do Amapá, ao contrário, ser o estado com a maior disponibilidade de terra passível de ser convertida para o processo de produção. Os valores dos preços da terra e da oferta potencial de terra disponível foram escalonados para facilitar a exposição. Assim, o máximo de terra disponível em cada região é igual a 1 (assíntota a na Equação (1)). Uma vez que os valores do banco de dados do modelo estão disponíveis apenas para o ano de calibragem, valores hipotéticos foram usados para ilustrar o comportamento geral das curvas de oferta. Na curva de oferta do Espírito Santo, o ponto destacado mostra o valor que corresponde ao banco de dados do modelo, em que 80% do total de terra disponível já se encontrava em uso na produção da agropecuária. De maneira análoga, na curva de oferta de terra do Amapá, o ponto destacado representa o grau, que é de 27%, de utilização de terra por este estado com base no banco de dados do modelo. O fato de que a terra é mais escassa no Espírito Santo do que no Amapá reflete-se no formato de suas curvas:

mostram que no Espírito Santo existe um cenário em que o processo de conversão de terra para a produção é mais difícil. No limite, toda a terra disponível seria convertida para utilização na produção. A corrente posição do Amapá na curva de oferta, por exemplo, indica que a terra da agropecuária neste estado ainda pode expandir sem provocar um crescimento elevado no retorno da terra.

A diferença entre a quantidade de terra potencial disponível e a quantidade de terra utilizada na produção da agropecuária também foi caracterizada em termos de um indicador de “desemprego” nacional e regional da terra. Isso foi estabelecido para indicar o movimento de utilização da terra em situações em que a economia tende a utilizar mais intensivamente terra na produção da agropecuária. Ao mesmo tempo, indica mudanças percentuais da conversão de terra de áreas de reserva para os outros usos, que são, portanto, uma medida de desmatamento.

4. Banco de Dados

4.1. Dados Relativos ao Core do Modelo

Os dados utilizados para calibrar o modelo, no que diz respeito ao fluxo inter-regional de comércio de insumos intermediários, demanda por investimentos, demanda das famílias, demanda dos governos regionais e federal, demanda por variação de estoque, exportações, remuneração dos insumos primários, demanda por margens de transporte e impostos, são relativos ao ano base de 2007 (Faria, Haddad 2014).

A construção da matriz interestadual de insumo-produto teve como base uma metodologia de geração do sistema inter-regional de insumo-produto. O procedimento utilizado representa uma adaptação da abordagem de Chenery-Moses para gerar os coeficientes inter-regionais de insumo-produto para o Brasil (Chenery 1956, Moses 1955).

4.2. Dados do uso da Terra

Os dados de uso da terra são referentes às informações do mais recente Censo Agropecuário, cujo ano base é 2006, para as Unidades da Federação (IBGE 2012). Foram quatro os conjuntos de informações utilizados deste Censo acerca dos estabelecimentos: i) valor pago de arrendamento de terras pelos estabelecimentos; ii) área colhida, segundo classes da atividade da agropecuária; iii) utilização da terra nos estabelecimentos, por tipo de utilização, segundo os grupos e classes da atividade da agropecuária; e iv) valor da terra dos estabelecimentos. O primeiro conjunto de dados foi utilizado para calibrar as informações referentes à demanda por terra. O segundo conjunto de informações forneceu informações úteis no processo de calibração, servindo como *proxy* em alguns casos. O terceiro conjunto foi utilizado para calibrar as informações sobre a oferta física de terra. O último conjunto de dados foi utilizado no cálculo das elasticidades de substituição no processo de conversão de terra no lado da oferta. Vale destacar que as informações do Censo Agropecuário foram obtidas já ao nível de Unidades da Federação, sendo as informações correspondentes aos estabelecimentos.

O primeiro conjunto de informações, referente ao valor pago de arrendamento de terra pelos estabelecimentos, é uma medida monetária em R\$ correntes. Tais informações foram obtidas diretamente do grupo de tabelas do Censo para cada estado para os usos da pecuária e criação de outros animais e produção florestal de florestas plantadas e nativas. Os usos de lavouras estavam agregados em lavouras permanentes e temporárias, horticultura e floricultura e sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal. Para desagregar tais informações, o segundo conjunto de dados foi utilizado. Assim, a desagregação foi feita considerando a participação da área colhida de cada tipo de uso da lavoura no total da lavoura. Este procedimento garantiu a obtenção consistente das informações do valor pago de arrendamento de terra dos onze tipos de usos da lavoura, completando os treze tipos de uso da terra da agropecuária considerados no modelo. Os tipos de usos da terra foram considerados em suas respectivas atividades.

Entretanto, pôde-se notar que os estabelecimentos que tiveram suas terras arrendadas representam apenas parte da totalidade dos estabelecimentos. Neste caso, uma parcela do retorno da terra não estaria sendo contabilizada. De forma a não subestimar as informações do retorno da terra regional, foi considerada a seguinte estratégia para imputação dos valores: para cada tipo de uso da terra por região foi observada a parcela dos estabelecimen-

tos que tinham suas terras arrendadas no total de estabelecimentos e o valor do gasto de arrendamento por esta parcela. A partir dessas informações, foi calculado o valor do arrendamento da terra regional por uso, supondo que todos os estabelecimentos tivessem suas terras arrendadas. Por exemplo, se na produção de cana-de-açúcar 25 dos 50 estabelecimentos de São Paulo são arrendados e o valor pago por este arrendamento é R\$ 60,00, e se na produção de cana-de-açúcar os 50 estabelecimentos fossem arrendados, o valor pago de arrendamento seria R\$ 120,00. Para a realização deste procedimento é feita a hipótese de que o tamanho dos estabelecimentos é homogêneo.

Valem ser destacados três pontos com relação a este conjunto de informações. Primeiro, que este conjunto refere-se a uma medida de retorno da terra, que é desagregada por tipo de uso. Dessa forma, os dados em questão foram utilizados para calibrar a demanda pelo fator terra, cujo movimento é governado pelos diferenciais de retorno proporcionados em cada tipo de uso. Segundo, que estas informações foram descontadas dos valores do retorno regional do capital, uma vez que estes foram inicialmente construídos de forma agregada englobando os retornos da terra. O deflator implícito do PIB da agropecuária foi utilizado para levar os valores do retorno da terra, cujo ano base era 2006, para o ano de 2007. Terceiro, que os usos da terra no trabalho foram especificados de forma compatível com as atividades agrícolas do NSCN. Cada uso da terra tem uma atividade agrícola correspondente no sistema econômico do modelo.

O terceiro conjunto de dados utilizados do Censo Agropecuário de 2006 correspondente à utilização da terra nos estabelecimentos representa uma medida física em hectares. Tais informações foram empregadas para calibrar a oferta de terra regional segundo os tipos de usos. Estas informações foram obtidas de forma direta no Censo sobre as características dos estabelecimentos, exceto para as lavouras de arroz em casca, milho em grão, trigo em grão e outros cereais e mandioca, que exigiram a utilização dos valores de área colhida para o cálculo. Duas observações podem ser ponderadas com relação a este conjunto de informações. Primeiro, que o uso da terra mencionado acima está representado de forma a manter a correspondência com os retornos do uso da terra captados pelo lado da demanda. A segunda observação é que o uso da terra destinado à atividade de floresta (*Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) não engloba áreas de reserva. Dessa forma, obteve-se uma medida regional de terra disponível, considerada no modelo como o total de oferta de terra na

economia ou o potencial de utilização de terra. Isso implica que o modelo permita que sejam convertidas áreas de matas naturais ou reserva legal em áreas para a produção de culturas, pecuária ou exploração vegetal.

4.3. Parâmetros¹⁰

As elasticidades de substituição do comércio inter-regional de insumos, ou elasticidades de Armington regionais, foram calibradas com base nas estimativas de Faria e Haddad (2014). Os parâmetros das elasticidades de substituição dos produtos entre energia elétrica e outros insumos foram calibrados com valores próximos a zero (igual a 0,01), seguindo a estratégia conservadora adotada por Santos (2010). A tabela do Apêndice 3 retrata os valores dessas elasticidades. Para a estrutura aninhada dos insumos da lavoura foram adotados parâmetros de substituição baseados em Cattaneo (2001). Os valores das elasticidades foram reescalados, isto é, ponderados com base na matriz de produção das atividades do modelo BLUE para representar de forma mais realista os dados de 2007 e, ao mesmo tempo, fornecer um comportamento mais conservador às possibilidades de substituição entre os insumos da lavoura. A estrutura de substituição CES foi utilizada neste nível. A tabela do Apêndice 4 apresenta os valores das elasticidades calculadas para os produtos.

Não foram encontradas na literatura estimativas de elasticidade de substituição entre diferentes usos da terra para calibrar o comportamento da demanda por terra não baseadas na abordagem das AEZ. Foi adotada uma hipótese, assumida para auxiliar na definição das elasticidades de substituição para os usos da terra e outros insumos primários, que foi o estabelecimento da seguinte relação: $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$. Esta hipótese foi também empregada de forma análoga por Van Meijl *et al.* (2006) e Banse *et*

¹⁰ O trabalho realizou a análise de sensibilidade sistemática para verificar se os resultados encontrados são robustos supondo um intervalo de valores estabelecidos para os parâmetros. Para os testes de sensibilidade foi estabelecido um intervalo de $\pm 20\%$ para os valores dos parâmetros, com distribuição triangular e simétrica nos níveis de substituição. A partir desta definição, foram obtidos resultados da média e dos desvios-padrão, que foram utilizados para a construção de intervalos de confiança (verificados em termos de limites, inferior e superior). A obtenção dos intervalos de confiança considerou um valor igual a 3,16 desvios-padrão a partir da média (intervalos de confiança de 90% utilizando a desigualdade de Chebychev). Os resultados da análise de sensibilidade mostrou-se robusta em relação a todas as elasticidades, ao parâmetro de retornos de escala utilizado e considerando conjuntamente todos os parâmetros.

al. (2008), e tem como objetivo estabelecer que a substituição é mais fácil dentro do nível definido pelo conjunto de parâmetros σ_1 do que nos níveis de σ_2 e σ_3 e que, por sua vez, a substituição ocorre mais facilmente dentro do nível definido por σ_2 do que em σ_3 . O termo σ_1 indica as elasticidades de substituição para os usos da terra de lavoura. O termo σ_2 retrata o conjunto de parâmetros de substituição para todos os usos da terra, o que inclui o composto das lavouras, pecuária e floresta. O termo σ_3 representa o conjunto de elasticidades de substituição de todos os insumos primários, isto é, todos os usos da terra, além de capital e trabalho. Neste contexto, foram estabelecidos os parâmetros de elasticidades de substituição entre os diferentes usos da terra da lavoura como sendo iguais a 1. Para os parâmetros do uso da terra entre os usos do composto da lavoura e os outros usos, pecuária e floresta, presumiu-se serem iguais a 0,6. Por fim, para os parâmetros de substituição entre os usos do composto terra e os demais insumos primários, trabalho e capital, foram estipulados valores iguais a 0,5. Este valor é próximo aos adotados por outros trabalhos, como em Cattaneo (2001) e Horridge (2003). A tecnologia de substituição CES foi adotada nestes três níveis.

5. Resultados

Para avaliar os efeitos sistêmicos da mudança na produtividade agrícola observada entre 2008 e 2015, foram utilizadas como choques as informações descritas na tabela do Apêndice 1, que retrata a variação (em %) da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados no período de análise. Na linguagem do modelo, os choques foram atribuídos ao parâmetro exógeno de produtividade da terra de acordo com as atividades correspondentes. É suposto, portanto, que a produtividade dos outros fatores primários da economia seja mantida constante. Segue, abaixo, a equação utilizada já na linguagem do modelo para a definição do choque:

$$E_{j,q} = \Phi_{j,q} X_{j,q} + \Phi_{j,q} - \sigma_{j,q} (p_{j,q}^{terra} - p_{j,q}^{fatores}) \quad (3)$$

onde $E_{j,q}$ é a demanda por terra da atividade agrícola j na região q ; $\Phi_{j,q}$ é o parâmetro que define os retornos de escala da atividade agrícola j na região q ; $X_{j,q}$ é a demanda pelo composto de fatores primários da atividade agrí-

cola j na região q ; $\Phi_{j,q}$ é o parâmetro de produtividade ou termo técnico da atividade agrícola j na região q ; $\sigma_{j,q}$ é o parâmetro da elasticidade de substituição CES entre fatores primários da atividade agrícola j na região q ; $p_{j,q}^{terra}$ é o preço da terra para atividade agrícola j na região q e $p_{j,q}^{fatores}$ é o preço efetivo dos fatores primários na equação de demanda da atividade agrícola j na região q . A Equação (3) indica que a demanda por terra pode se deslocar dadas as variações exógenas em $\Phi_{j,q}$. Assim, as informações da tabela do Apêndice 1 foram utilizadas como choques atribuídos ao termo $\Phi_{j,q}$ dessa equação. A Equação (3) indica ainda que quando o preço da terra regional é menor do que o preço médio dos fatores primários a demanda por terra aumenta. Vale ressaltar que tal equação especifica de forma geral, por atividade e região, a demanda por terra, sem apresentar os processos de substituição de acordo com os possíveis usos.

O fato de o modelo considerar uma especificação detalhada do uso da terra, tanto no lado da demanda quanto no lado da oferta, torna esta análise mais rica, por retratar os efeitos sistêmicos de substituição de insumos produtivos provocados por mudanças na produtividade agrícola. Espera-se com isso que atividades que tiveram aumento da produtividade apresentem aumento do nível de atividade, assim como as regiões detentoras destas e de outras atividades que estão interligadas em sua cadeia de insumos.

A Figura 3 retrata os mecanismos principais de propagação dos efeitos isolados provocados pela mudança no padrão espacial da produtividade agrícola. O mecanismo de propagação dos choques, bem como os resultados apresentados, representa o efeito final ou total do conjunto das mudanças descritas pelas variações nos termos de produtividade agrícola da tabela do Apêndice 1, isto é, representa um novo equilíbrio do sistema após as mudanças exógenas.¹¹ Portanto, o mecanismo de propagação dos choques descreve o possível resultado do conjunto de todas as mudanças ponderadas pela importância relativa de cada atividade agrícola em cada região. Isso é considerado na estrutura do modelo, uma vez que a produção considera a disponibilidade relativa de fatores de produção e, no caso das atividades agrícolas, do fator terra. Por exemplo, um aumento na produtividade da terra implica que um mesmo nível de produção possa ser alcançado utilizando-se uma menor quantidade deste fator, *ceteris paribus*.

¹¹ Isso quer dizer que os resultados apresentados a seguir representam a soma do resultado individual de cada variação da produtividade agrícola apresentada na tabela do Apêndice 1, ou seja, o efeito final é a soma de 27 (UF's) x 11 (lavouras) = 297 simulações individuais.

Como o efeito final pode ser de aumento ou redução dependendo de como a produtividade varia (considerando o conjunto de todas as variações da tabela do Apêndice 1), a Figura 3 descreve tais possibilidades.

O exercício de simulação foi realizado considerando a análise de estática comparativa e, para o ambiente econômico, foi utilizado o fechamento de longo prazo. O fechamento de longo prazo permite ajustes no ambiente econômico mais consistentes com o objetivo do trabalho, isto é, com a obtenção dos efeitos da operação das mudanças existentes no setor agropecuário na década anterior ao período de análise traduzidas em variação de produtividade agrícola.

O fechamento corresponde a hipóteses admitidas para o ambiente econômico. No fechamento de longo prazo, o capital é permitido variar endogenamente entre produtos e regiões, crescendo a mesma taxa do investimento. No mercado de trabalho, o nível de emprego agregado é determinado pelas taxas de participação da força de trabalho e taxa natural de desemprego. O salário real nacional é variável fazendo com que a distribuição da força de trabalho regional e entre produtos possa variar endogenamente. Isso implica que o trabalho é atraído por produtos e regiões mais competitivas. De forma análoga, o capital tende a se deslocar para produtos mais atrativos, de forma a manter as taxas de retorno em seu nível inicial. Portanto, os mercados de trabalho e capital atingem o equilíbrio a partir da determinação de salário e taxa de retorno do capital, respectivamente, sendo permitida a existência de diferenças regionais entre esses preços.

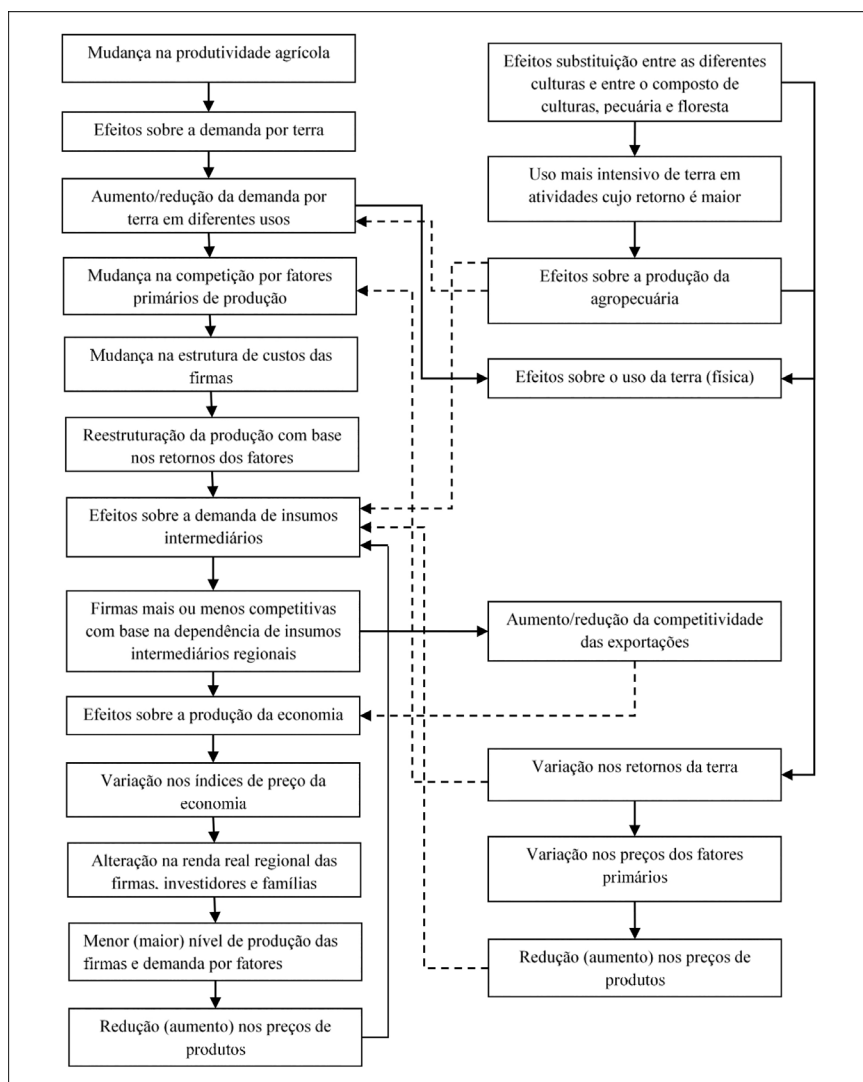


Figura 3 - Relações causais entre o mecanismo de funcionamento do modelo no uso da terra às mudanças na produtividade da terra

No mercado do fator terra, a oferta total de terra permanece exógena, uma vez que não faz sentido, pelo menos neste trabalho, que terra seja gerada regionalmente. Isto é, em cada região, tem-se uma quantidade física total de terra que é exógena (fixa). Permite-se que o retorno da terra varie, sendo que isso, juntamente com a taxa de “desemprego” de terra, determina o uso da terra agregado. Além disso, a distribuição do uso da terra entre as regiões e atividades é determinada endogenamente. Assim, a terra tende a ser alocada em usos que proporcionam maiores retornos relativos. Isso significa que há alterações, no longo prazo, da intensidade do fator terra. Além disso, o experimento conta com uma estrutura de retornos decrescente de escala, com base no parâmetro de transformação utilizado por Hertel *et al.* (2010), igual a 0,5. Isso implica que o emprego de terra adicional fornece um retorno menos que proporcional à produção¹²

5.1. Resultados Macroeconômicos

A Tabela 1 apresenta os resultados dos agregados macroeconômicos de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 2008 e 2015. Os índices de preços do consumidor e das exportações apresentaram variação negativa, indicando que os produtos destinados a estes usuários da demanda final ficaram relativamente mais baratos, enquanto que os índices de preços do investimento e dos governos regionais e federal tiveram aumento. O resultado líquido foi uma redução do índice de preços do PIB (deflator implícito). Como reflexo, o consumo agregado das famílias, exportações e demandas dos governos apresentaram variação positiva. Observando conjuntamente todas as variações de produtividade agrícola entre 2008 e 2015 na tabela do Apêndice 1, tem-se um valor bastante positivo. Isso indica que, considerando as intensidades de uso da terra, foi possível produzir no mínimo a mesma quantidade de produto utilizando-se a mesma quantidade de terra na maioria das culturas e regiões. Em outras palavras, no período em questão, houve liberação relativa de recursos na economia para o processo produtivo, uma vez que a terra foi utilizada de forma mais eficiente.

¹² Não foram encontradas na literatura estimativas para este parâmetro. No entanto, o uso de um parâmetro para representar retornos decrescentes de escala parece plausível e tem suporte teórico fundamentado nas ideias seminais de David Ricardo.

Como consequência, observa-se uma queda do retorno da terra, em razão de sua menor escassez relativa. Isso indica que o fator terra tornou-se mais competitivo em relação aos outros fatores primários, sendo, portanto, utilizado mais intensivamente. Em termos nacionais, a variação do nível de produtividade da terra implica uma mudança na estrutura dos custos de produção. Com a redução de custos de produção, maiores recursos são disponibilizados, aumentando a demanda por investimento e por trabalho. A variação positiva da remuneração do trabalho indica aumento da renda das famílias, impactando também o nível de consumo agregado destas. Pode-se observar, ainda, que a variação na produtividade agrícola teve efeitos positivos sobre a competitividade das exportações. O resultado conjugado da demanda interna e externa contribuiu para a variação positiva do nível de atividade da economia (0,1286 % do PIB real). O resultado positivo da variação equivalente (R\$ 10.398,18 milhões, de 2007) indica que houve aumento do nível agregado de bem-estar em razão da variação da produtividade da terra.

Ressalta-se que a queda da remuneração agregada da terra é esperada do ponto de vista da modelagem como consequência do aumento da disponibilidade do fator produtivo. O exercício de simulação considera apenas variação da produtividade agrícola que imputa ao modelo as características relacionadas a esta mudança técnica, independente do período em que ocorreu a variação na produtividade. Assim, os resultados refletem a projeção isolada dessa variação.¹³

¹³ Por exemplo, tanto no período analisado quanto no período subsequente alguns fatores contribuíram para o aumento da remuneração (e.g. aumento dos preços dos produtos agrícolas devido ao aumento da demanda internacional), porém esses fatores não são diretamente considerados.

Tabela 1 - Resultados agregados de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 2008 e 2015

Variáveis	Varição (%)
<i>Preços</i>	
Índice de preços de investimento	0,0191
Índice de preços do consumidor	-0,0596
Índice de preços da demanda dos governos regionais	0,1199
Índice de preços da demanda do governo federal	0,1191
Índice de preços das exportações	-0,1451
Índice de preços do PIB	-0,0298
<i>Fatores primários</i>	
Remuneração agregada do capital	0,0434
Remuneração agregada do trabalho	0,1836
Remuneração agregada da terra	-13,0540
Estoque de capital agregado	0,0232
<i>Demanda agregada</i>	
Consumo real agregado das famílias	0,1322
Investimento real agregado	-0,0005
Demanda real agregada dos governos regionais	0,1302
Demanda real agregada do governo federal	0,1322
Volume das exportações	0,2319
<i>Outros indicadores agregados</i>	
PIB real	0,1286
Varição equivalente (R\$ milhões)	10.398,18

5.2. Resultados sobre as Atividades e Regiões

Os resultados dos efeitos da mudança na produtividade da terra agrícola indicam maiores variações no nível de atividade das atividades da agropecuária, que são diretamente afetadas pelo choque de política. Os aumentos mais significativos foram observados nas atividades *Soja em Grão*, *Café em Grão*, *Milho em Grão* e *Trigo em Grão* e *Outros Cereais*. As principais quedas foram observadas em *Metalurgia dos não Ferrosos* e *Minério de Ferro*, *Minerais Metálicos não Ferrosos* e *Minerais não Metálicos*. Estes resultados ocorrem basicamente devido a dois efeitos. Primeiro, pelo efeito direto provocado pela mudança na produtividade da terra das atividades de cultura. Espera-se que atividades que tiveram aumento de produtividade da terra tenham variação positiva no nível de atividade em razão da

possibilidade maior criada de produzir mais utilizando menos do fator de produção terra em termos relativos. No entanto, outro fator que deve ser considerado é o efeito de competição levado em conta no modelo. Quando a produtividade aumenta na produção de determinado bem, isso não implica que necessariamente os recursos liberados sejam empregados na produção deste mesmo bem. Tais recursos tendem a ser empregados em atividades cujos retornos relativos sejam maiores. Além disso, o ambiente econômico de simulação de longo prazo permite que os recursos tenham mobilidade entre atividades e regiões. Logo, os recursos tendem a deslocar-se para as atividades e regiões mais “dinâmicas” (Figura 4).

Os resultados de algumas atividades industriais reforçam este argumento. Percebe-se que *Alimentos e Bebidas* apresenta variação positiva significativa do nível de atividade. Isso ocorre em razão da forte associação que esta atividade tem com as atividades da agropecuária na cadeia de insumos intermediários de produção. O mesmo ocorre com *Álcool e Produtos Químicos e Papel e Celulose*; no entanto, com uma magnitude menor. Parte das outras atividades industriais apresentou variação negativa do nível de atividade, o que é esperado, uma vez que concorrem com as atividades da agropecuária por insumos intermediários e primários. O resultado acerca das atividades energéticas também é esperado, pois estas são pouco intensivas no uso de insumos da agropecuária. As atividades de serviços apresentaram variação positiva do nível de atividade em razão do aumento da demanda da economia, principalmente das famílias. Além disso, estas atividades não concorrem fortemente com as atividades da agropecuária por insumos intermediários e primários (Figura 4).

Os resultados regionais apresentados na Figura 5 indicam que os estados que apresentaram maior variação positiva do PIB real foram Mato Grosso, Sergipe, Espírito Santo, Tocantins e Pernambuco. Em geral, os resultados indicam que os principais estados afetados positivamente com a mudança no padrão espacial da produtividade da terra agrícola localizam-se no Nordeste e no Centro-Oeste. As mudanças observadas entre 2008 e 2015 da produtividade da terra agrícola ocorreram de forma distinta por cultura e região, no entanto os efeitos de transbordamento positivos beneficiaram mais, em termos relativos, os estados das Nordeste, Centro-Oeste e Norte do País.

Vale destacar que os resultados regionais são observados a partir dos efeitos sistêmicos considerados pelo modelo. Os resultados dependem, com isso, de fatores como a estrutura de produção agrícola de cada região, de como tal estrutura mudou no período considerado (choque de produtividade), do efeito competição regional por fatores de produção e de como o efeito se espalha para as outras atividades agrícolas e não agrícolas.

6. Considerações Finais

O presente estudo apresentou duas análises principais. A primeira foi a utilização de um modelo EGC com especificação detalhada do uso da terra para o Brasil. Além disso, a forma que o uso da terra foi especificada na estrutura do modelo mostrou-se diferente da utilizada em outras estratégia EGC com uso da terra encontradas na literatura.¹⁴ A segunda foi a análise dos efeitos econômicos sistêmicos das mudanças no padrão espacial da produtividade agrícola das lavouras entre 2008 e 2015.

Esta análise envolve a discussão da localização das regiões de alta produtividade agrícola e se tal variação ocorreu de forma homogênea ou não através do espaço brasileiro. Neste caso, questões relacionadas ao processo de desenvolvimento regional são relevantes, uma vez que estados localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste configuram-se como detentoras dos maiores indicadores de produtividade agrícola no País.

As projeções encontradas para o período considerado demonstraram que as variações da produtividade agrícola, devido ao conjunto completo de fatores, conjunturais e demais, tiveram efeito positivo sobre o PIB brasileiro. Tal resultado é corroborado pelos dados oficiais divulgados sobre o desempenho recente do setor agropecuário do Brasil. O mesmo pode ser observado no contexto regional e dos outros setores com maior nível de ligação com a agropecuária. De acordo com o IBGE (2018), o aumento do PIB brasileiro de 1% em 2017 em relação a 2016 deveu-se, em grande medida, ao crescimento de 13% da agropecuária. Sistemáticamente tal setor tem apresentado resultados positivos em termos de desempenho econômico, parte como reflexo de medidas que afetaram a produtividade agrícola.

¹⁴ Ver Hertel *et al.* (2008) para maiores informações.

Práticas de produção que buscam mitigar efeitos de eventos climáticos extremos, o uso mais intensivo de máquinas e as condições mais amplas e baratas de crédito estão entre os fatores que podem ter influenciado mais a produtividade agrícola nos últimos anos. Além disso, o desempenho do setor, como consequência da produtividade, depende menos de algumas questões do mercado doméstico, dado o seu potencial exportador. Isso pode ser um indicativo de que desenvolvimentos no setor sejam mais constantemente realizados, em termos relativos.

A maioria das atividades da economia apresentou variação positiva do nível de atividade, principalmente aquelas da agropecuária. *Alimentos e Bebidas* e *Álcool* foram as atividades não da agropecuária mais afetadas positivamente, devido ao seu grau de ligação com as atividades agrícolas na cadeia de insumos. As atividades energéticas, ao contrário, foram as menos afetadas. Em termos regionais, alguns estados apresentaram variação negativa do PIB real. Isso ocorreu, em parte, como consequência do efeito competição inter-regional no processo de produção. Como o ambiente econômico é de longo prazo, recursos tendem a deslocar-se para atividades e regiões mais “dinâmicas”, criando um efeito competição. Vale observar com relação a esta simulação que os estados mais afetados positivamente localizam-se de modo principal nas regiões Nordeste e Centro-Oeste do País. Assim, a mudança na produtividade da terra agrícola das culturas estimulou o deslocamento de parte dos recursos em direção às atividades destes estados. Como estes não detêm os níveis mais elevados de produtividade agrícola e de PIB, suscita-se o fato de que a mudança no padrão espacial da produtividade da terra agrícola entre 2008 e 2015 contribuiu para a redução das desigualdades regionais.

Os resultados encontrados traduzem os aspectos considerados pelo modelo e o papel do uso da terra. Por exemplo, a atividade de *Cana-de-açúcar* apresentou queda do nível de atividade, uma vez que a variação da produtividade dessa atividade no período considerado foi negativa nos principais estados produtores (São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais). Além disso, percebe-se que o estado do Espírito Santo apresentou uma das maiores variações positivas do nível de atividade. Embora tal estado tenha a menor proporção de terra potencial (floresta) para ser convertida em atividades agrícolas, a produtividade agrícola teve variação positiva em duas de suas principais culturas: *Café em Grão* e *Frutas Cítricas*.

Referências

- Adams, P. 2002. "Medium-term forecasts of energy usage: an application of the MMRF-GREEN tops-down model". Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University.
- Almeida, E. S., Perobelli, F. S., Ferreira, P. G. C. 2008. "Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?" *Revista de Economia e Sociologia Rural* (46)1: 31-52.
- Armington, P. 1969. "A theory of demand for products distinguished by place of production". *International Monetary Fund Staff Papers* 16: 159-178.
- Arrow, J. K., Hahn, F. H. 1971. "General competitive analysis". San Francisco: Holden-Day.
- Banse, M., Van Meijl, H., Tabeau, A., Woltjer, G. 2008. "Will EU biofuel policies affect global agricultural markets?" *European Review of Agricultural Economics* 35(2): 117-141.
- Barbier, E. 2001. "The economics of tropical deforestation and land use: an introduction to the special issue" *Land Economics* 77(2): 155-171.
- Berndt, E., Christensen, L. 1974. "Testing for the existence of a consistent aggregate index of labor inputs" *The American Economic Review* 64(3): 391-404.
- Bonelli, R., Fonseca, R. 1998. "Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira" Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, n. 557.
- Burniaux, J.-M. 2002. "Incorporating carbon sequestration into CGE models: a prototype GTAP model with land use" West Lafayette: Center for Global Trade Analysis.
- Burniaux, J.-M., Truong, T. 2002. "GTAP-E: An energy environmental version of the GTAP model" GTAP Technical Paper. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 16.
- Carvalho, T. S. 2014. "Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia legal brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas" Belo Horizonte 219 p. Tese (Doutorado em Economia) — Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas (CEDEPLAR), Universidade Federal de Minas Gerais.
- Cattaneo, A. 2001. "Deforestation in the Brazilian Amazon: comparing the impacts of macroeconomic shocks, land tenure, and technological change" *Land Economics* 77(2): 219-240
- Chenery, H. 1956. "Interregional and international input-output analysis" In: BARNA, Tibor (Ed.). *The structure interdependence of the economy*. New York: Wiley, p. 341-356.
- Conti, B. M., Roitman, F. B. 2011. "Pronaf: uma análise da evolução das fontes de recursos utilizadas no programa". *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, n. 35.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J., Ranases, A. 1995. "World agriculture and climate change: economic adaptations" *Agricultural Economic Report*. Washington: USDA, n. 703.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J., Ranases, A. 1996. "Land use and cover in ecological economics" *Ecological Economics* (17): 157-181.
- Dixon, P., Rimmer, M. 2002. "Dynamic general equilibrium modeling for forecasting and policy: a practical guide and documentation of MONASH" Amsterdam: North-Holland.
- Dixon, P., Rimmer, M. 1998. "Forecasting and policy analysis with a dynamic CGE model of Australia" Working Paper. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, op-90.
- Domingues, E. P., Magalhães, A. S., Ricardo, R. M. 2008. "Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste" Texto para discussão. Belo Horizonte: CEDEPLAR, n. 340.
- Faria, W. R., Haddad, E. A. 2014. "Estimação das elasticidades de substituição do comércio regional do Brasil" *24(1)*: 141-168.
- Ferreira Filho, J. B. S., Ribera, L., Horridge, M. 2015. "Deforestation Control and Agricultural Supply in Brazil" *American Journal of Agricultural Economics* 97: 589-601.

- Ferreira Filho, J. B. S., Horridge, M. 2014. "Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil" *Land Use Policy* 36: 595-604.
- Haddad, E. A. 1999. "Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian Economy". Ashgate: Aldershot.
- Haddad, E. A., Domingues, E. P., Perobelli, F. S. 2009. "Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia brasileira". Relatório de Pesquisas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE).
- Heistermann, M., Müller, C., Ronneberger, C. 2006. "Land in sight?: achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling" *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 141-158.
- Hertel, T. 1997. "Global trade analysis: modeling and applications". Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Hertel, T., Rose, S., Tol, R. S. J. 2008. "Land use in computable general equilibrium models: an overview". GTAP Working Paper. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 39.
- Hertel, T., Tyner, W. E., Birur, D. K. 2010. "The global impacts of biofuel mandates" *The Energy Journal* 31(1): 75-100.
- Horridge, M. 2003. "ORANI-G: a generic single-country computable general equilibrium model". Clayton: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University.
- Hinchy, M., Hanslow, K. 1996. "The MEGABARE model: interim documentation. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics". Disponível em: <<http://www.abareconomics.com>>. Acesso em 15 de janeiro de 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. "Agência IBGE". Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20166-pib-avanca-1-0-em-2017-e-fecha-ano-em-r-6-6-trilhoes.html>>. Acesso em 05 de março de 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. "Produção Agrícola Municipal". Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PA&z=t&o=11>>. Acesso em: 18 de julho de 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. "Censos Agropecuários 1995-1996 e 2006". Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. "Tabelas - 2015 Sistema de Contas Nacionais: Brasil". 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?&t=resultados>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2018.
- IPEADATA. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 18 de julho de 2016.
- Johansen, L. 1960. "A multi-sectoral study of economic growth". Second enlarged edition. North Holland/American Elsevier.
- Lambin, E. Geist, H. J., Lepers, E. 2003. "Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions" *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205-41.
- Lee, H. -L. 2004. "Incorporating Agro-Ecologically Zoned Land Use Data and Land-based Greenhouse Gases Emissions into the GTAP Framework". West Lafayette: Center for Global Trade Analysis.
- MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Sistema AliceWeb. Disponível em: <<https://www.aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 04 de outubro de 2016.
- Moraes, G. I. 2010. "Efeitos econômicos de cenários de mudanças climáticas na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável". Piracicaba. 277 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) — Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo.

- Moreira, A. R. B., Helfand, S. M., Figueiredo, A. M. R. 2007. “Explicando as diferenças na produtividade agrícola no Brasil”. Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, n. 1254.
- Moses, L. 1955. “The stability of interregional trading patterns and input-output analysis” *The American Economic Review* 45(5): 803-832.
- Ozaki, V. 2008. “Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola” *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba 46(3): 869-886.
- Perobelli, F. S., Almeida, E. S., Alvim, M. I. S. A., Ferreira, P. G. C. 2007. “Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial” *Nova Economia* 17(1): 65-91.
- Santos, G. F. 2010. “Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira”. São Paulo. 192 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.
- Van Meijl, H., Van Rheenen, T., Tabeau, A., Eickhout, B. 2006. “The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 21-38.

Apêndice I - Variação da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados entre 2008 e 2015 (em variação %)

Código	UF	Arroz em casca (C1)	Milho em grão (C2)	Trigo em grão (C3)	Cana-de-açúcar (C4)	Soja em grão (C5)	Mandioca (C7)	Fumo em folha (C8)	Algodão herbáceo (C9)	Frutas cítricas (C10)	Café em grão (C11)	Outros produtos da lavoura (C6)
11	RO	29,25	96,20	0,00	5,11	2,02	32,96	0,00	0,00	-15,77	48,86	19,82
12	AC	-14,64	28,33	0,00	16,93	0,00	35,05	3,90	0,00	13,69	42,77	39,24
13	AM	3,51	27,32	0,00	1,74	0,00	-2,17	0,00	0,00	156,37	44,60	91,46
14	RR	16,39	48,71	0,00	304,43	-16,34	69,17	0,00	0,00	112,82	0,00	41,58
15	PA	37,79	41,79	0,00	-5,22	6,78	-3,45	8,18	0,00	2,82	-25,90	5,41
16	AP	-10,49	24,85	0,00	14,07	0,00	20,35	0,00	0,00	-1,04	0,00	128,48
17	TO	92,89	51,90	0,00	26,57	7,35	-0,34	0,00	-14,75	37,86	0,00	115,49
21	MA	-10,30	125,22	0,00	5,91	-7,93	9,66	0,00	52,03	-5,87	0,00	-15,58
22	PI	-23,27	161,65	0,00	-6,93	-17,71	-19,13	0,00	6,02	1,73	0,00	32,86
23	CE	-6,21	-76,31	0,00	-12,07	0,00	-36,73	-28,12	-74,77	-33,16	-15,54	-12,27
24	RN	-21,69	-48,58	0,00	0,48	0,00	-10,57	0,00	39,47	7,23	0,00	125,49
25	PB	-71,60	-63,93	0,00	9,88	0,00	-11,66	0,00	4,52	3,51	0,00	46,40
26	PE	8,86	-48,36	0,00	-5,88	0,00	-15,59	27,69	142,44	-46,35	-30,53	105,90
27	AL	37,50	22,84	0,00	-0,11	-17,57	-7,20	31,84	111,15	21,27	0,00	85,99
28	SE	20,97	-9,88	0,00	-4,70	0,00	4,74	1,39	0,00	-19,17	0,00	23,27
29	BA	-29,22	47,10	0,00	5,99	3,24	-14,59	-1,36	-4,47	-7,73	17,57	-6,43
31	MG	10,94	12,02	-37,29	-3,82	-10,40	-6,65	0,00	1,13	21,84	1,72	-36,70
32	ES	-12,39	-9,69	0,00	-34,54	0,00	-5,93	0,00	0,00	18,93	12,15	-75,85
33	RJ	-6,20	7,74	0,00	3,06	0,00	1,77	0,00	0,00	8,84	1,31	-24,15
35	SP	40,29	19,74	48,61	-10,10	10,51	-0,20	-6,71	-1,41	21,56	-8,04	-8,13
41	PR	61,88	21,30	-8,89	-12,23	10,59	15,01	17,43	0,00	19,74	11,18	5,54
42	SC	9,37	33,13	-27,59	14,45	29,68	0,78	10,95	0,00	-14,03	0,00	20,83
43	RS	12,37	70,79	-29,77	9,97	47,75	11,74	0,61	0,00	6,56	0,00	-2,28
50	MS	15,57	52,29	17,43	-4,83	17,72	15,05	0,00	10,65	18,99	-14,36	12,41
51	MT	13,73	40,35	0,00	-4,10	-1,27	-0,99	0,00	4,10	4,31	-36,93	-4,65
52	GO	82,36	20,47	5,42	-6,46	-12,85	-2,60	0,00	3,05	12,78	9,53	13,73
53	DF	0,00	20,73	18,65	20,49	-16,63	-5,36	0,00	0,00	-2,30	104,62	34,25

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2016).

Apêndice 2 - Participação (em %) da terra utilizada e elasticidades de substituição na oferta do uso da terra

Estado	Participação da terra utilizada	Elasticidades
Rondônia	62,38	0,603
Acre	33,14	2,018
Amazonas	43,29	1,31
Roraima	29,23	2,421
Pará	53,23	0,879
Amapá	26,64	2,754
Tocantins	46,1	1,169
Maranhão	60,33	0,658
Piauí	30,41	2,288
Ceará	40,9	1,445
Rio Grande do Norte	34,48	1,9
Paraíba	32,85	2,044
Pernambuco	51,77	0,932
Alagoas	64,34	0,554
Sergipe	63,77	0,568
Bahia	51,96	0,924
Minas Gerais	56,99	0,755
Espírito Santo	79,73	0,254
Rio de Janeiro	51,92	0,926
São Paulo	71,11	0,406
Paraná	73,01	0,37
Santa Catarina	51,54	0,94
Rio Grande do Sul	46,18	1,166
Mato Grosso do Sul	58,87	0,699
Mato Grosso	51,64	0,936
Goiás	66,44	0,505
Distrito Federal	62,03	0,612
Brasil	54,86	-

Fonte: Cálculo próprio a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006.

Apêndice 3 - Parâmetros das elasticidades de Armington regionais

Produtos	Parâmetros
C1 Arroz em Casca	1,318
C2 Milho em Grão	1,239
C3 Trigo em Grão e Outros Cereais	1,498
C4 Cana-de-açúcar	2,266
C5 Soja em Grão	1,8
C6 Outros Produtos e Serviços da Lavoura	1,656
C7 Mandioca	1,807
C8 Fumo em Folha	0,137
C9 Algodão Herbáceo	1,374
C10 Frutas Cítricas	2,505
C11 Café em Grão	0,877
C12 Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	1,407
C13 Bovinos e Outros Animais Vivos	2,042
C14 Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral	1,508
C15 Minério de ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos	1,327
C16 Alimentos e Bebidas	1,85
C17 Produtos Têxteis — Exclusive Vestuário e Calçados	2,15
C18 Papel e Celulose	1,856
C19 Produtos do Refino de Petróleo	1,214
C20 Álcool	0,959
C21 Produtos Químicos	1,929
C22 Cimento	1,279
C23 Outros Produtos de Minerais não Metálicos	2,256
C24 Siderurgia	0,821
C25 Metalurgia de não Ferrosos	2,382
C26 Produtos de Metal — Máquinas, Indústria Automobilística e Materiais de Transporte	1,607
C27 Outras Indústrias	1,971
C28 Hidroeletricidade	0,01
C29 Termoeletricidade — Combustível Fóssil	0,01
C30 Termoeletricidade — Carvão	0,01
C31 Termoeletricidade — Diesel	0,01
C32 Termoeletricidade — Gás Natural	0,01
C33 Termoeletricidade — Biomassa da Cana-de-açúcar	0,01
C34 Termoeletricidade — Outras Fontes	0,01
C35 Transmissão e Distribuição de Eletricidade	0,001
C36 Distribuição Urbana de Gás Natural	0,01
C37 Provisão de Água e Esgoto	0,001
C38 Construção	2,356
C39 Comércio	2,363
C40 Transporte e Correio	2,169
C41 Serviços	2,096
C42 Serviços Públicos	2,252

Apêndice 4 - Elasticidades de substituição entre os produtos da lavoura

Produtos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	1	2	0,3	2	2	0,3	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C2	0,3	1	0,3	2	2	0,3	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2	2
C4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0,3	2	2
C5	2	2	0,3	2	2	2	2	2	2	2	0,3	2	2
C6	2	2	0,3	2	2	1	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C7	1	1	0,3	1	1	1	1	1	1	1	0,3	2	2
C8	2	2	0,3	2	2	2	2	1	2	2	0,3	2	2
C9	2	2	0,3	2	2	2	2	2	1	2	0,3	2	2
C10	2	2	0,3	2	2	2	2	2	2	1	0,3	2	2
C11	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2	2	2
C12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: Elasticidades construídas com base na estrutura do modelo (i.e., matriz de produção de 2007) e em Cattaneo (2001), que atribuiu elasticidades com valores Baixo = 0,3; Baixo-Médio = 0,7; Médio = 1,0; Médio-Alto = 2,0 e Alto = 4,0.