NEREUS

Núcleo de Economia Regional e Urbana
da Universidade de São Paulo
The University of São Paulo
Regional and Urban Economics Lab

MODELAGEM DO USO DA TERRA E EFEITOS DE MUDANÇAS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA ENTRE 1996 E 2006

Weslem R. Faria
Eduardo A. Haddad

TD Nereus 08-2014
São Paulo
2014

Modelagem do uso da terra e efeitos de mudanças na produtividade agrícola entre 1996 e 2006

Weslem R. Faria e Eduardo A. Haddad

Resumo. O artigo apresenta os resultados dos efeitos sistêmicos da mudança no padrão da produtividade agrícola entre 1996 e 2006. 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.

Abstract. The article presents the results of the systemic effects of the change in the pattern of agricultural productivity between 1996 and 2006. 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.

1. Introdução

A importância dos produtos agrícolas para o Brasil vai além da questão de segurança alimentar e da autossuficiência na produção de alimentos. O Brasil é um país que apresenta dimensões continentais e características de clima e relevo que geram uma vocação natural para a produção agrícola. No caso brasileiro, a atividade agrícola foi responsável por cerca de 5% do PIB nacional em 2006 e empregou 19,3% da mão de obra do País neste ano, sendo um setor com grande participação no nível de atividade econômica. Além disso, no contexto global, o País é um grande produtor, exercendo influência considerável nos mercados internacionais de diversas commodities agrícolas. Nas últimas duas décadas, as exportações de produtos agrícolas foram essenciais para a manutenção do equilíbrio das contas externas brasileiras. Dessa maneira, as características relacionadas ao setor agrícola brasileiro são de grande relevância para entender, por exemplo, questões relacionadas à produtividade agrícola.

A Tabela 1 apresenta a variação percentual da produtividade das culturas entre 1996 e 2006 nos estados. Esta tabela mostra um panorama geral acerca das principais variações que podem ter influenciado no padrão regional da produtividade agrícola. Com relação a arroz em casca, todos os estados apresentaram aumento de produtividade. O mesmo ocorreu com milho em grão, exceto no Estado do Amazonas. A produtividade da cana-de-açúcar cresceu na maioria dos estados com destaque para Roraima e Pará. Em São Paulo, a produtividade desta lavoura cresceu cerca de 7%, o que é significativo, uma vez que este estado produziu cerca de 60% de toda a cana-de-açúcar do Brasil em 2006. A produtividade da soja cresceu cerca de 11% no Mato Grosso, o que também é relevante, uma vez que tal estado é o principal produtor de soja do País. A mandioca apresentou queda de produtividade nos estados da região Norte e também no Paraná, principal estado produtor. Vale-se destacar também que frutas cítricas teve aumento de produtividade em quase todos os estados, com exceção do Acre e do Mato Grosso do Sul. Em geral, percebe-se que para algumas culturas, como a de café e a de mandioca, o principal estado produtor apresentou queda de produtividade. Os valores reportados na Tabela 1 serão objeto de estudo futuro, aplicados para verificar os efeitos das variações na produtividade agrícola regional das lavouras entre 1996 e 2006.[1]

O movimento relacionado ao uso da terra segundo as categorias de ocupação evidencia uma tendência ao longo do tempo que pode representar uma forma alternativa para geração de renda regional, mas também pode trazer consequências adversas sobre o meio ambiente, em especial no caso do avanço da pecuária em direção a regiões de floresta. Outras questões, como conflitos sociais pela divisão e posse, também emergem nestes casos. Como destacou Lambin *et al* (2003), modelar o uso da terra não é uma questão trivial, pois pode ser dirigida por combinações de fatores sinérgicos de escassez de recursos que conduzem ao aumento da pressão da produção sobre recursos, mudanças de oportunidades criadas pelos mercados, intervenção de políticas exógenas, perda de capacidade adaptativa e mudanças na organização social e atitudes.

A não trivialidade desta tarefa é observada também pelo fato de que as mudanças nos bens e serviços do ecossistema que resultam das mudanças no uso da terra podem ter

[1] Foram desconsiderados, assim como apresentado nesta tabela, os valores da mudança na produtividade nos estados em que a produção da lavoura era inicialmente nula, isto é, quando o estado não produzia certa lavoura em 1996 e passou a produzi-la em 2006. Isso foi desconsiderado por não informar o diferencial de produtividade entre estes dois anos.

efeitos de retroalimentação nos fatores que governam as mudanças no uso da terra. O presente trabalho, no entanto, busca identificar efeitos econômicos relacionados a problemas de pesquisa que envolvem o processo de conversão de terra. Aqui, vale destacar que o conceito de conversão de terra empregado refere-se à mudança de uma categoria de cobertura da terra[2] 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).

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar os resultados dos efeitos econômicos sistêmicos da mudança no padrão espacial da produtividade agrícola no Brasil entre 1996 e 2006 utilizando uma metodologia EGC com especificação detalhada do uso terra, tanto pelo lado da demanda quanto pelo lado da oferta. Além desta introdução, o trabalho tem mais quatro seções. A primeira discute brevemente alguns aspectos da análise da produtividade agrícola no Brasil. A segunda descreve a estrutura do modelo, com caracterização da modelagem dos agentes e atividades. De forma diferencial, são descritas a forma de incorporação do uso da terra, em termos de demanda e oferta. A terceira descreve o conjunto de dados utilizados para calibrar o modelo, o que inclui informações sobre o uso da terra e parâmetros comportamentais. A quarta apresenta os resultados. Por fim, são pontuadas as considerações finais.

[2] Cobertura da terra define-se pelos atributos da superfície e subsuperfície intermediária terrestre, incluindo biota (conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente geológico), solo, topografia, mananciais e estruturas humanas (LAMBIN *et al*, 2003).

Tabela 1. Variação da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados entre 1996 e 2006 (em variação %)

Código	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Trigo em Grão	Cana-de-açúcar	Soja em Grão	Mandioca	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Outros produtos da lavoura
11	*RO*	77,70	84,89	0,00	-33,53	46,22	-31,35	0,00	0,00	7,14	-22,14	-42,30
12	*AC*	124,71	131,08	0,00	-76,82	0,00	-1,50	-13,59	0,00	-23,89	20,03	-56,72
13	*AM*	47,52	-1,69	0,00	-51,66	0,00	-76,50	133,88	0,00	141,55	47,56	-65,54
14	*RR*	119,73	76,62	0,00	174,71	135,04	-80,36	0,00	0,00	459,61	361,46	-26,04
15	*PA*	19,81	178,96	0,00	117,12	107,70	-57,17	-33,52	-65,52	169,28	61,05	-33,43
16	*AP*	173,97	87,97	0,00	52,45	0,00	-30,60	0,00	0,00	55,84	0,00	-66,80
17	*TO*	60,13	156,48	0,00	18,13	-1,76	-13,06	0,00	342,17	76,50	-24,44	-56,69
21	*MA*	51,75	294,26	0,00	24,17	19,24	-16,33	0,00	79,16	225,98	-55,86	-42,33
22	*PI*	83,80	127,68	0,00	-8,84	4,05	13,03	-39,64	562,44	1,68	78,55	-20,73
23	*CE*	64,31	113,24	0,00	-18,86	118,89	4,93	-7,70	89,06	139,30	46,02	-22,70
24	*RN*	117,20	250,07	0,00	8,15	58,38	11,48	16,99	153,26	24,80	-74,65	-32,67
25	*PB*	79,38	8,90	0,00	0,16	0,00	1,90	7,91	82,52	119,59	-15,80	-13,62
26	*PE*	47,45	121,65	0,00	22,62	-65,35	-25,16	-27,27	41,74	44,28	-1,74	-15,64
27	*AL*	410,52	44,63	0,00	-2,44	-38,00	34,99	-0,39	-70,48	91,46	228,01	-48,66
28	*SE*	77,60	128,84	0,00	-10,05	0,00	9,05	-11,73	-13,82	67,14	0,00	-33,96
29	*BA*	24,05	117,82	0,00	93,91	33,90	-5,67	54,96	697,80	122,11	59,11	42,21
31	*MG*	161,24	84,10	25,63	48,40	34,95	90,34	-7,82	134,24	62,27	-18,97	24,56
32	*ES*	40,79	27,79	0,00	19,10	0,00	62,66	0,00	0,00	81,19	-25,84	-39,82
33	*RJ*	161,43	174,06	0,00	-4,64	0,00	11,90	0,00	0,00	133,16	27,59	-15,01
35	*SP*	62,34	59,47	25,21	7,20	14,80	12,61	-58,49	44,89	40,10	3,90	30,56
41	*PR*	118,04	33,69	-7,51	-12,71	-4,40	-12,24	65,46	3,16	128,75	74,78	85,42
42	*SC*	42,68	51,86	69,34	6,33	10,75	55,86	23,22	0,00	138,06	-31,27	135,39
43	*RS*	21,28	73,88	8,48	15,47	16,32	-25,06	19,00	0,00	1,56	318,45	17,71
50	*MS*	67,82	10,04	51,25	4,00	6,76	-23,67	0,00	99,47	-6,98	64,90	-42,60
51	*MT*	31,99	42,89	0,00	-0,75	11,59	114,67	0,00	114,08	36,53	51,13	52,65
52	*GO*	70,99	22,31	34,98	0,34	22,05	-33,64	90,22	29,00	28,70	66,79	-24,59
53	*DF*	327,55	37,59	12,45	4,72	29,95	74,66	0,00	0,00	189,73	-39,70	-56,13

Fonte: Elaboração própria a partir de dados dos Censos Agropecuários de 1996 e 2006.

2. Análise da produtividade agrícola no Brasil[3]

O principal objetivo do presente trabalho é investigar os efeitos econômicos sistêmicos da mudança na produtividade agrícola média das lavouras. Os impactos da mudança na produtividade agrícola são importantes por refletir alguns aspectos comportamentais da economia. Primeiramente, mudança no padrão da produtividade pode indicar variação na rentabilidade das diferentes culturas agrícolas. Dessa forma, algumas lavouras podem apresentar aumento da produção em determinado período em detrimento de outras lavouras com retornos relativamente menores. Elevação dos preços internacionais de *commodities* ou aumento da demanda externa por determinado produto agrícola pode funcionar neste sentido. Além disso, o progresso tecnológico e aprimoramento do processo produtivo pode ter impactado mais algumas lavouras do que outras. Com isso, o impacto no sistema produtivo agrícola pode ser diverso. As culturas mais privilegiadas podem simplesmente ter sua produção aumentada com a utilização da mesma quantidade de terra. Em outros casos, mais terra pode ter sido alocada na produção de uma cultura mais produtiva após progresso técnico, o que se traduz também em aumento relativo dos retornos.

Embora diferentes movimentos específicos possam ser pontuados com relação à produtividade agrícola, seus efeitos sobre o sistema econômico são importantes e ainda mais relevantes no caso da economia brasileira. Tais produtos desempenham papel estratégico na geração de divisas internacionais, sustentabilidade de outros setores produtivos e relativa autonomia na produção de alimentos e, mais recentemente, na produção de biocombustíveis. O modelo EGC utilizado na análise do presente trabalho abre a oportunidade de avaliar os impactos da mudança intertemporal na produtividade agrícola das culturas agrícolas, uma vez que tal modelo foi capacitado para acomodar diferentes usos de terra. Outras características do modelo, como a incorporação de um processo específico de conversão física de terra entre os usos, acresce sua adequação à análise realizada.

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura que analisam a produtividade agrícola no Brasil buscam identificar aspectos relacionados ao seu padrão espacial ou mudanças

[3] Foge do escopo do trabalho discutir a relação entre produtividade agrícola e impactos sobre o meio ambiente.

verificadas no mesmo 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). O primeiro trabalho apresenta uma metodologia para calcular a produtividade total dos fatores dos macrossetores da economia brasileira, incluído o setor agrícola. O segundo trabalho tenta medir as diferenças entre a produtividade total dos fatores do setor agrícola entre produtores dos tipos familiar e intensivos em utilização de insumos, para cada uma das cinco macrorregiões brasileiras. Estes dois trabalhos utilizam técnicas econométricas para alcançar o objetivo, o segundo trabalho especificamente estimou a produtividade por meio da abordagem de fronteira estocástica de produção. Por fim, o último trabalho faz uma análise da produtividade agrícola do milho e da soja no Paraná para verificar se a existência de dependência espacial nos dados afeta ou não o mercado de seguros agrícola. Este autor conclui que, uma vez verificada a presença de dependência espacial, uma estratégia das seguradoras para reduzir o risco de inadimplência seria diversificar espacialmente a concessão de seguros.

Como pode ser observado, os trabalhos existentes no Brasil 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 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).

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. A estrutura energética do modelo ENERGY-BR foi adotada para a incorporação dos produtos e setores de energia ao banco de dados do modelo. 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×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

[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 e RIMMER, 1998; 2002) e ORANI-G (HORRIDGE, 2003).

conformidade com a estrutura formal de um sistema de equilíbrio geral Arrow-Debreu padrão (ARROW e 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 agrícolas podem usar 13 diferentes tipos de terra; 42 investidores regionais; 27 famílias regionais; 27 governos regionais; 1 governo federal; e 1 consumidor estrangeiro.

A demanda pelos diferentes usos da terra, bem como a conversão da terra entre estes, são descritas no núcleo do modelo. Os processos de substituição dos produtos da agropecuária e dos produtos energéticos também serão abordados no núcleo do modelo. Em geral, algumas características do modelo podem ser pontuadas. A oferta de trabalho é determinada por fatores demográficos, enquanto que o capital é governado por uma taxa de retorno. A oferta de terra também é governada pelo retorno relativo entre os usos da terra. Os fatores primários de produção podem ter mobilidade inter-regional, dependendo da estratégia de identificação utilizada para o comportamento das equações. Se permitido isso ocorrer, o movimento inter-regional dos fatores advém como consequência do diferencial relativo de remuneração, no caso do capital e da terra, da taxa de retorno e, no caso do trabalho, dos salários reais.

Os mercados regionais são assumidos perfeitamente competitivos, o que implica ser o custo marginal de produção igual ao preço do produtor, para cada produto regional. Com isso, para cada atividade, em todas as regiões, o lucro econômico é igual à zero. Há equilíbrio entre a oferta e a demanda em todos os mercados, com a exceção dos

mercados dos fatores terra e trabalho, em que excessos de oferta podem ser permitidos para acomodar os efeitos sobre a demanda, com impactos sobre os retornos e salários. O governo atua na economia estabelecendo impostos e/ou subsídios sobre os preços de compra e vendas de bens. Dois produtos são considerados produtos de margens: *Comércio* e *Transporte e Correio*.

A existência destes produtos indica que os custos de transferências de bens na economia, tanto de insumos intermediários quanto de produtos para consumo pela demanda final, são computados nos preços ao nível dos compradores. Outras características do módulo central do modelo incluem os componentes do produto nacional (PIB) e regional (PRB), índices de preços regionais e nacionais, preços de fatores, agregados de emprego e terra e especificações das equações de salário e retorno da terra, por tipo de uso.

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.

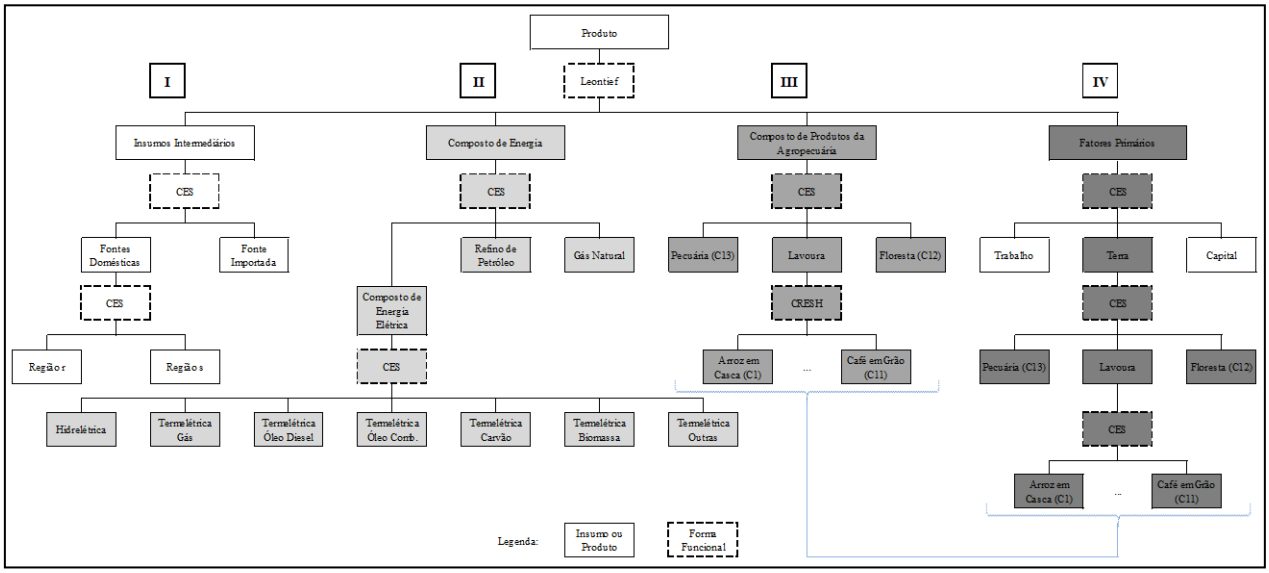
Em geral, o modelo reconhece dois tipos de insumos: insumos intermediários e insumos primários. Dentro dos insumos intermediários, foram consideradas três categorias: insumos intermediários energéticos, insumos intermediários da agropecuária e outros

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.

Figura 1. Estrutura aninhada da tecnologia de produção



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 CRESH[5]. Este bloco como um todo implica que os produtores possam demandar bens agropecuários considerando uma combinação de insumos agrícolas advindos de lavouras, da pecuária e de produtos florestais. Dentro do composto de lavouras, os produtores escolhem os insumos de forma a minimizar seus custos de produção. 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. No entanto, ao contrário da especificação da estrutura da demanda pelo composto de energia, este bloco tem forte ligação com a estrutura de insumos primários do fator terra. A ideia de representar as possibilidades de substituição entre os produtos da agropecuária, tal como foi implementada neste modelo, teve como fim captar este relacionamento. Além disso, o processo de decisão dos produtores, neste caso, implica que necessariamente estes tenham de escolher, de início, entre produtos da pecuária, floresta e lavoura. No

[5] *Constant Ratios of Elasticities of Substitution Homogeneous*. Para maiores detalhes sobre esta função, *v.* Hanoch (1971).

segundo momento, a parte devotada às lavouras é acionada. Isso pode fazer mais sentido no caso do Brasil, onde a fronteira agrícola expande, em muitos casos, na forma de conversão de áreas de florestas em pastagem ou produção de culturas voltadas para a exportação.

O bloco IV diz respeito à estrutura de substituição entre os insumos primários de produção. No primeiro nível, o composto de fatores primários é constituído pelo capital, trabalho e terra. O modelo sugere uma estrutura diferenciada para o fator terra. O segundo nível deste bloco especifica o composto terra, representado pelos usos empregados na pecuária (pastagem), exploração vegetal e silvicultura e lavouras. O terceiro nível, que é o mais inferior, retrata a possibilidade de substituição do uso da terra de lavouras entre onze diferentes tipos. 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. Portanto, o uso da terra corresponde à mesma classificação empregada para as atividades/produtos da agropecuária. Assim, o modelo explicita a remuneração proporcionada pelas atividades *Bovinos e Outros Animais Vivos*, *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura*, *Arroz em Casca*, *Milho em Grão*, e assim por diante, até a última atividade da lavoura, *Café em Grão*. Para fatos como este foi chamado atenção por Burniaux (2002), segundo o qual um vetor tecnológico específico pode ser associado às possibilidades e opções da produção destes bens, em termos de combinação de fatores primários de produção. A correspondência entre os produtos, *i.e.*, insumos intermediários, e os usos, foi feita por meio da especificação utilizada no código do modelo, atribuindo o mesmo conjunto de identificação da dimensão produtos e usos da terra. O fato de apenas as atividades da agropecuária utilizarem o insumo terra para produção reforça que a ligação entre as atividades e seu correspondente uso é observada.[6]

[6] 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. Tal hipótese foi testada em funções de produção que consideram os insumos trabalho (BERNDT e CHRISTENSEN, 1974), energia (BERNDT e WOOD, 1975), tipos de imigrantes (GROSSMAN, 1982) e agricultura (CARTER e YAO, 2002).

Esta estrutura da demanda por terra, segundo os diferentes usos, foi ligada 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. No núcleo do modelo, isto foi alcançado especificando que a variação percentual na demanda por terra é igual à variação percentual da oferta de terra. 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.[7] Esta função cumpre o papel de especificar a forma de mobilidade da terra entre os usos e indicar como a fronteira de transformações dos tipos de uso da terra pode avançar. Tal função também tem a característica intrínseca de indicar que os produtores agrícolas alocam sua dotação de terra entre os usos de forma a obter o máximo de retorno (HERTEL *et al*, 2010).

A ligação sistêmica estabelecida no modelo implica que a produção dos produtos agrícolas 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 agrícolas 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 primeiramente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, que utilizar marginalmente terra potencialmente disponível, ou seja, terra que poderia ser convertida em uso produtivo, na produção agrícola é limitada. Se a diferença entre a quantidade de terra potencialmente disponível e a quantidade de terra já empregada na produção agrícola é grande, então aumentos na demanda por terra para a produção

[7] 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.

agrícola conduzirão a uma conversão de terra para a utilização agrícola, e um pequeno aumento nos retornos da terra ocorrerá para compensar os custos associados a esta conversão.

Quando o emprego de uso da terra agrícola 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 agrícola, um aumento na demanda por terra para utilização na produção conduzirá a aumentos significativos das taxas de retorno da terra, uma vez que a oferta de terra, que era escassa, torna-se ainda mais escassa. Neste caso, em que o uso de terra agrícola corresponde à quase totalidade da 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 em 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 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:

$$S = a - \frac{b}{p} \tag{1}$$

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:

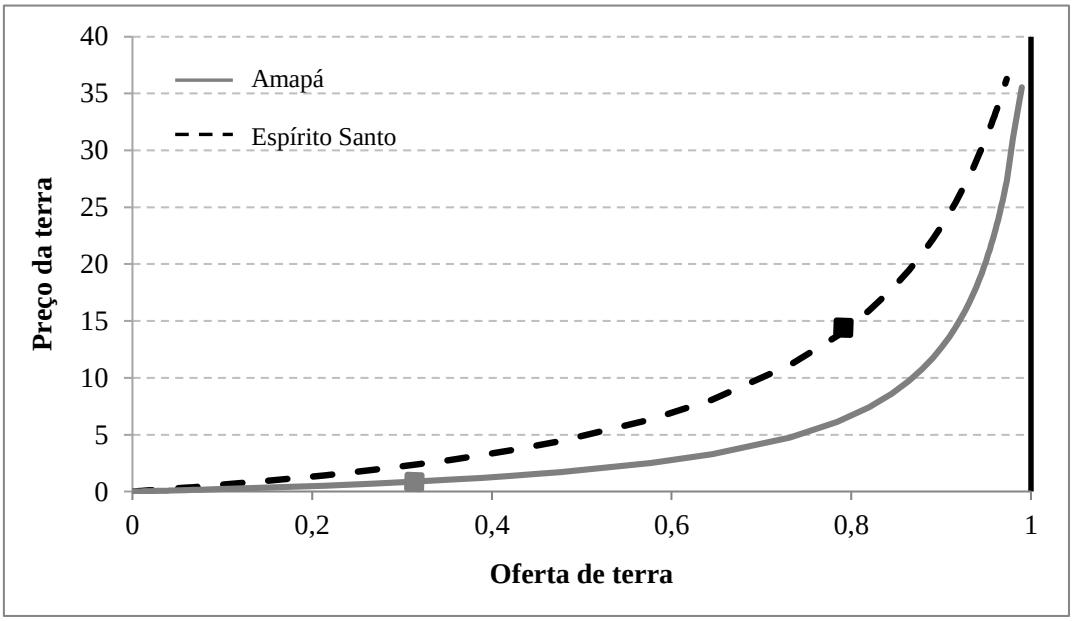
$$E = \frac{b}{(a \times p) - b} \tag{2}$$

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 agrícola, expresso pela assíntota *a*, é a soma da quantidade de terra já empregada na produção agrícola e da quantidade de terra de áreas de floresta de reserva. O banco de dados do modelo foi calibrado de forma a apresentar as informações correspondentes às variáveis *S*, *a* e *p*. Com isso, o termo *b* pode ser calculado.

A Figura 2 resume os principais fatos envolvidos neste 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 agrícola 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 agrícola. 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 agrícola neste estado ainda pode expandir sem provocar um crescimento elevado no retorno da terra.

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



Este procedimento representa uma forma de modelar o comportamento da oferta de terra quando as informações do valor da terra encontram-se disponíveis, e possui a vantagem de modelar as oportunidades de conversão com base em restrições físicas ao emprego marginal da terra na atividade produtiva. Tais restrições são refletidas no custo de conversão, que representa um custo de oportunidade associado ao fato de que o uso marginal de terra implica aumentos crescentes de pagamentos ao fator terra. A principal justificativa para se utilizar esta modelagem da oferta de terra é que, assim, faz-se com que o processo de conversão de terra seja suavizado, em virtude dos efeitos provocados sobre o retorno da terra. Isso faz mais sentido considerando o fato de que mudanças envolvem custos de oportunidade. Para a representação da terra, esta estratégia se enquadra de forma adequada, uma vez que tal fator tem disponibilidade limitada e cujo nível de escassez é refletido em termos de custos de oportunidade crescentes.

A diferença entre a quantidade de terra potencial disponível e a quantidade de terra utilizada na produção agrícola 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 agrícola. 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. Se especificada de forma exógena, essa variável pode ser utilizada como instrumento de política na definição de uma trajetória de utilização de terra. Neste caso, a oferta de terra regional e nacional poderia ser mantida endógena. Por outro lado, a oferta de terra regional pode ser especificada como exógena, deixando que pelo menos uma das variáveis, "desemprego" de terra regional ou retorno regional relativo, seja determinada endogenamente.

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. O fluxo de comércio inter-regional dos insumos intermediários foi gerado a partir de um extenso procedimento, que envolveu ampla coleta de dados, compatibilização das informações de diferentes institutos de pesquisa e validação das etapas empregadas e das informações obtidas em cada uma (FARIA e 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

A especificação do uso da terra tanto em termos da demanda quanto da oferta física constituem os pontos centrais. Os dados utilizados nesta análise são referentes às informações do mais recente Censo Agropecuário, cujo ano base é 2006, para as Unidades da Federação (IBGE, 2010). Foram quatro os conjuntos de informações utilizados deste Censo para o nível de estabelecimentos: i) valor pago de arrendamento

de terras pelos estabelecimentos; ii) área colhida, segundo classes da atividade agrícola; iii) utilização da terra nos estabelecimentos, por tipo de utilização, segundo os grupos e classes da atividade agrícola; e iv) valor da terra dos estabelecimentos. O primeiro conjunto de dados foi utilizado para calibrar as informações referente 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.

4.3. Parâmetros

As elasticidades de substituição do comércio inter-regional de insumos, ou elasticidades de Armington regionais, foram calibradas com base em estimativas realizadas (FARIA e HADDAD, 2014). Para a estrutura aninhada dos insumos da lavoura foram adotados parâmetros de substituição baseados em Cattaneo (2001). Os valores das elasticidades foram reescalonados 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. 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).

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

5. Resultados

Para avaliar os efeitos sistêmicos da mudança na produtividade agrícola observada entre 1996 e 2006, foram utilizadas como choques as informações descritas na Tabela 1, que retrata a variação (em %) da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados no período de análise.[8] Na linguagem do modelo, os choques foram atribuídos ao termo exógeno de produtividade da terra de acordo com as atividades correspondentes. É suposto, portanto, que a produtividade dos outros fatores primários da economia é mantida constante.[9] Vale-se destacar dois pontos: i) embora a classificação dos usos da terra confunda-se com a de atividades e produtos agrícolas considerados no sistema econômico do modelo, o termo de produtividade exógeno utilizado como variável de política refere-se ao conjunto de atividades agrícolas; e ii) como mencionado anteriormente, o conceito de produtividade utilizado baseia-se na razão entre produção total em toneladas e área colhida em hectares de cada região.

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. O exercício de simulação foi realizado considerando a análise de estática comparativa e, para o ambiente econômico, foi utilizado o fechamento de longo prazo.

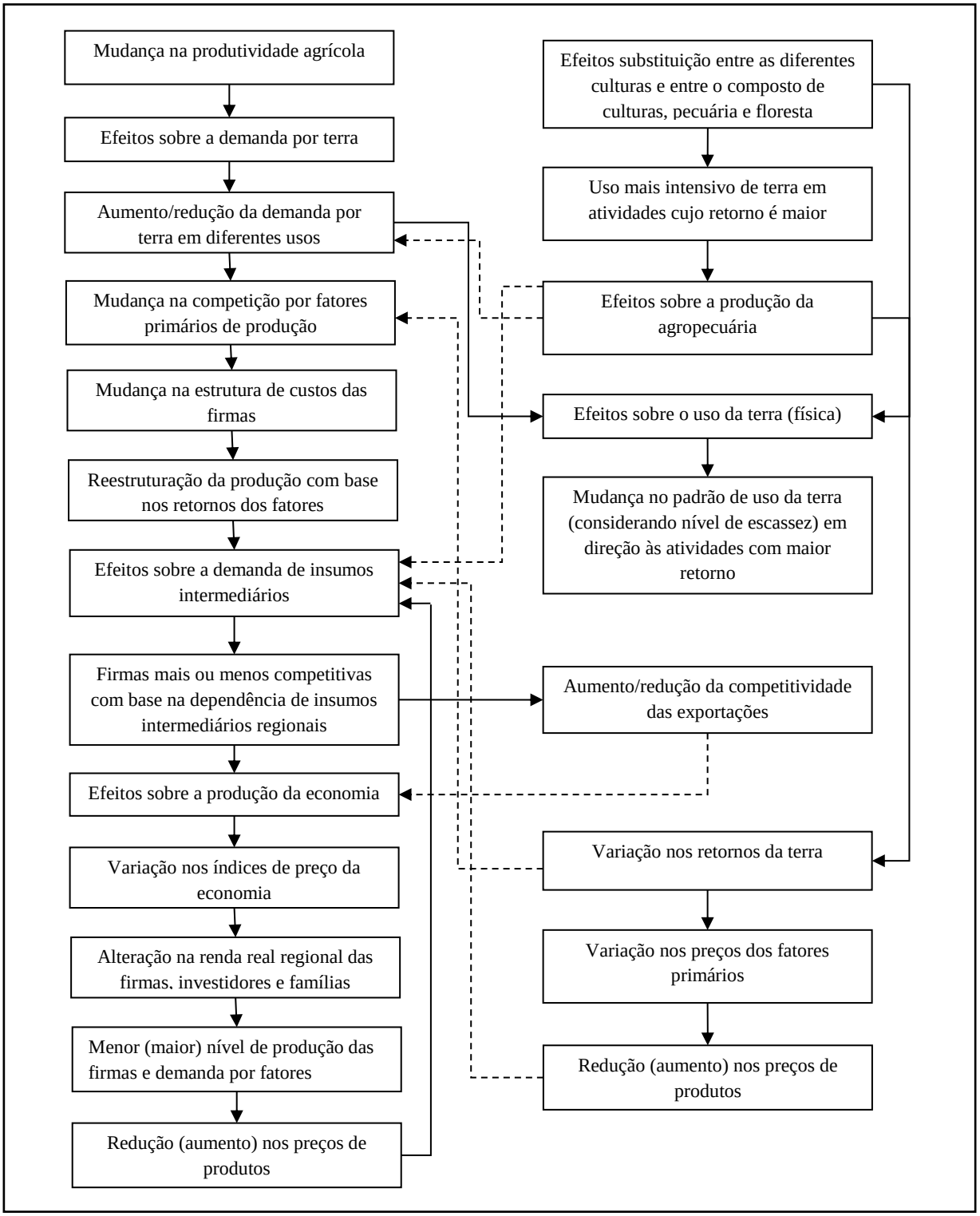
---

[8] Como o modelo é calibrado com informações de 2007, para a realização desta análise é feita a hipótese de que os dados de 2007 representam adequadamente a estrutura da economia de 2006, período final da análise. Tal hipótese é razoável, uma vez que entre estes dois anos não houve grande mudança estrutural da economia.

[9] No modelo BLUE, existem basicamente três parâmetros tecnológicos que poderiam ser utilizados para realizar a análise dos efeitos da mudança na produtividade agrícola. Um deles é o que está sendo utilizado, referente ao termo de produtividade da terra. Os outros dois correspondem ao termo de produtividade dos fatores primários, que engloba, além do fator terra, os fatores trabalho e capital, e ao termo de produtividade total dos fatores, que engloba os fatores primários e os insumos intermediários. Decidiu-se pela análise via utilização do termo de produtividade da terra uma vez que se consegue obter uma relação mais clara entre uso da terra e nível de produção agrícola. A utilização dos termos mais generalizados poderia sobrestimar os efeitos da variação na produtividade agrícola sobre a economia.

A Figura 3 retrata os mecanismos principais de propagação dos efeitos isolados provocados pela mudança no padrão espacial da 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 pelo crescimento populacional, 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.

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 de terra permanece exógena, uma vez que não faz sentido, pelo menos neste trabalho, que terra seja gerada regionalmente. O que poderia ser considerado é o surgimento de terra como consequência da transformação de terras impróprias para uso na produção, como áreas alagadas, rios, construções e áreas urbanas etc., em terras passíveis de utilização na produção. Mas este não é o caso do presente trabalho. 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.

5.1. Resultados macroeconômicos

A Tabela 2 apresenta os resultados dos agregados macroeconômicos de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 1996 e 2006. 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. Em termos nacionais, observa-se um aumento da produtividade agrícola média entre 1996 e 2006. Isso indica que foi possível produzir no mínimo a mesma quantidade de produto utilizando-se a mesma quantidade de terra nacionalmente. 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.

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, o aumento do nível de produtividade da terra implica 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 o aumento na produtividade agrícola teve efeitos positivos sobre a competividade das exportações. O resultado conjugado da demanda interna e externa contribuiu para a variação positiva do nível de atividade da economia (0,3845% do PIB real). O resultado positivo da variação equivalente (R$ 30.682,2 milhões, de 2007) indica que houve aumento do nível agregado de bem-estar em razão do aumento da produtividade da terra.

Tabela 2. Resultados agregados de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 1996 e 2006

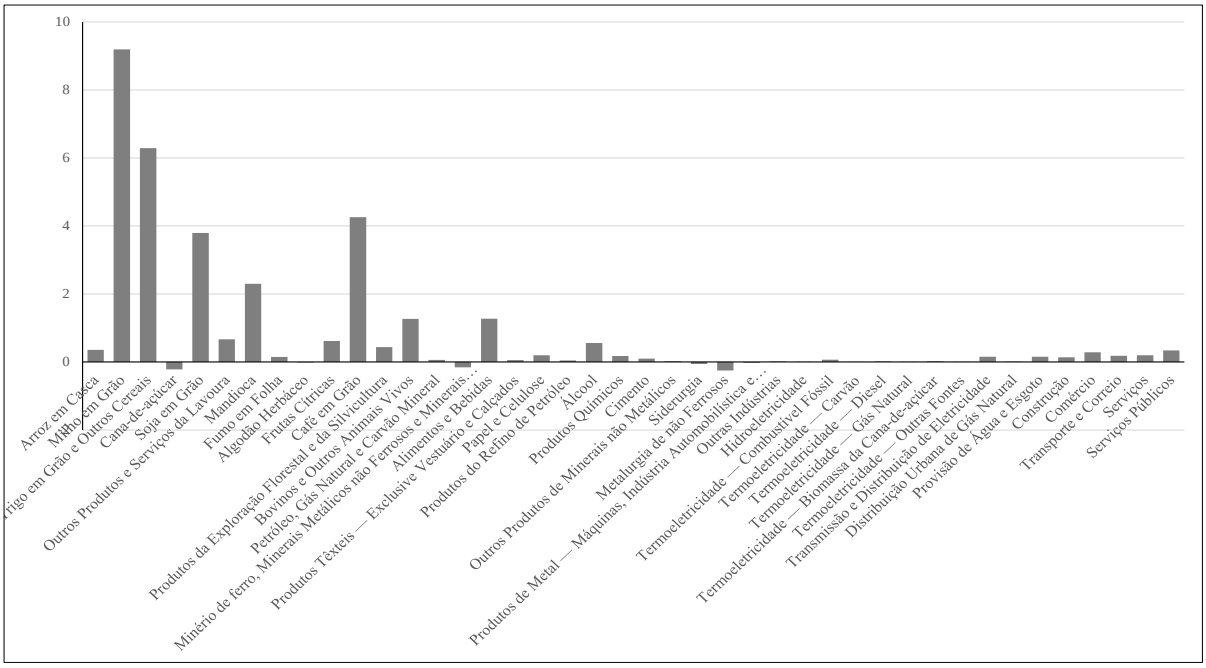
Variáveis	Variação (%)
Preços	
Índice de preços de investimento	0,0856
Índice de preços do consumidor	-0,1929
Índice de preços da demanda dos governos regionais	0,4684
Índice de preços da demanda do governo federal	0,4682
Índice de preços das exportações	-0,4630
Índice de preços do PIB	-0,0740
Fatores primários	
Remuneração agregada do capital	0,2604
Remuneração agregada do trabalho	0,7377
Remuneração agregada da terra	-32,669
Estoque de capital agregado	0,1639
Demanda agregada	
Consumo real agregado das famílias	0,3552
Investimento real agregado	0,1211
Demanda real agregada dos governos regionais	0,3923
Demanda real agregada do governo federal	0,3552
Volume das exportações	0,7379
Outros indicadores agregados	
PIB real	0,3845
Variação equivalente (R$ milhões)	30.682,20

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 agrícolas, que são diretamente afetadas pelo choque de política. Os aumentos mais significativos foram observados nas atividades *Milho em Grão*, *Trigo em Grão e Outros Cereais*, *Café em Grão* e *Soja em Grão*. As principais quedas foram observadas em *Metalurgia dos não Ferrosos* e *Cana-de-açúcar*. 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).

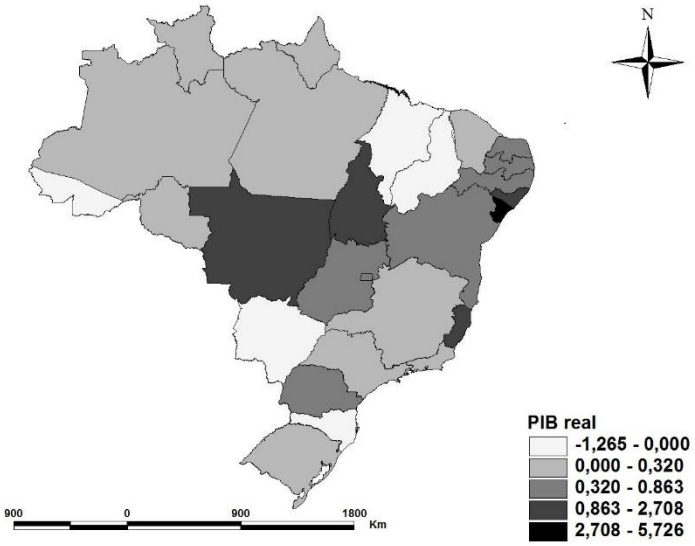
Figura 4. Efeitos de longo prazo sobre as atividades da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %)



Os resultados de algumas atividades industriais reforçam este argumento. Percebe-se que *Alimentos e Bebidas* apresenta variação positiva significava do nível de atividade. Isso ocorre em razão da forte associação que esta atividade tem com as atividades agrícolas na cadeia de insumos intermediários de produção. O mesmo ocorre com *Álcool*; 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 agrícolas por insumos intermediários e primários. O

resultado acerca das atividades energéticas também é esperado, pois estas são pouco intensivas no uso de insumos agrícolas. 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 agrícolas por insumos intermediários e primários (Figura 4).

Figura 5. Efeitos regionais de longo prazo da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %)



Os resultados regionais apresentados na Figura 5 indicam que os estados que apresentaram maior variação positiva do PIB real foram Sergipe, Mato Grosso, Espírito Santo, Tocantins e Alagoas. 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. Os estados das regiões Sudeste e Sul apresentam os maiores níveis de produtividade agrícola das culturas. No entanto, as mudanças observadas entre 1996 e 2006 da produtividade da terra agrícola afetaram positivamente mais os estados das regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte do País.

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.[10] A segunda foi a análise dos efeitos econômicos sistêmicos das mudanças no padrão espacial da produtividade agrícola das lavouras entre 1996 e 2006, anos dos dois últimos censos agropecuários do IBGE.

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.

Os resultados macroeconômicos indicaram um aumento do PIB real, em decorrência, de um lado, da liberação de recursos que o aumento da produtividade propicia e, de outro, da variação positiva da demanda agregada. A maioria das atividades da economia apresentou variação positiva do nível de atividade, principalmente aquelas agrícolas. *Alimentos e Bebidas* e *Álcool* foram as atividades não agrícolas 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 1996 e 2006 contribuiu para a redução das desigualdades regionais.

[10] Ver Hertel *et al* (2008) para maiores informações.

Em resumo, o trabalho apresentou uma forma de introduzir aspectos mais detalhados do uso da terra na modelagem EGC. Umas das principais virtudes dessa estratégia é detalhar o relacionamento das atividades agrícolas na cadeia produtiva e ao uso da terra. Casos em que a análise foca nestas atividades, considerar uma estrutura mais adequada com relação à forma de utilização da terra mostra-se mais adequada. Considerar diferentes usos da terra na estrutura produtiva agrícola permite que se identifique de modo mais apropriado como a propagação de uma política exógena sobre o uso da terra ou sobre os bens agrícolas pode afetar o sistema econômico. O desenvolvimento do modelo EGC com uso da terra em um contexto de análise regional abre espaço para que novas aplicações sejam realizadas utilizando-se esta metodologia. Neste sentido, o detalhamento existente no modelo BLUE com relação ao uso da terra e atividades de energia, por exemplo, pode ser explorado para avaliar como a expansão da produção de etanol poderia afetar o padrão de uso da terra, a produção dos bens da economia e as exportações. Outra possibilidade de aplicação seria a projeção de efeitos de políticas ambientais específicas, tais quais, por exemplo, as que estimulem o aumento de áreas de preservação de florestas. Neste caso, seriam obtidos os custos de oportunidade de uma maior preservação ambiental em termos de produção agrícola e de outros produtos da economia.

Referências

ADAMS, P. *Medium-term forecasts of energy usage: an application of the MMRF-GREEN tops-down model*. **Centre of Policy Studies and IMPACT Centre**, Monash University, 2002. Disponível em: <http://www.iea-etsap.org/web/Workshop/worksh7-7/JS-Adams-paper.pdf>.

ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 31-52, 2008.

ANSELIN, L. ***Exploring spatial data with GeoDa:*** *a workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science. Urbana-Champaign: University of Illinois, 2005.

ANSELIN, L.; BERA, A. *Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics*. *In:* ULAH, Aman; GILES, David (Eds.). ***Handbook of applied economic statistics***. New York: Marcel Dekker, p. 237-289, 1998.

ARMINGTON, P. *A theory of demand for products distinguished by place of production*. **International Monetary Fund Staff Papers**, v. 16, p. 159-178, 1969.

ARROW, J. K.; HAHN, F. H. ***General competitive analysis***. San Francisco: Holden-Day, 1971.
BANSE, M.; VAN MEIJL, H.; TABEAU, A.; WOLTJER, G. *Will EU biofuel policies affect global agricultural markets?* **European Review of Agricultural Economics**, v. 35, n. 2, p. 117-141, 2008.

BERNDT, E.; CHRISTENSEN, L. *Testing for the existence of a consistent aggregate index of labor inputs*. **The American Economic Review**, v. 64, n. 3, p. 391-404, 1974.

BERNDT, E.; WOOD, D. *Technology, prices, and the derived demand for energy*. **Review of Economics & Statistics**, v. 57, n. 3, p. 259-268, 1975.

BONELLI, R.; FONSECA, R. Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira. **Texto para discussão**. Rio de Janeiro: IPEA, n. 557, 1998.

BURNIAUX, J.-M. ***Incorporating carbon sequestration into CGE models: a prototype GTAP model with land use.*** West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2002. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/ 1219.pdf>.

BURNIAUX, J.-M.; TRUONG, T. *GTAP-E: An energy environmental version of the GTAP model*. **GTAP Technical Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 16, 2002. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1203.pdf>.

CARTER, M.; YAO, Y. *Local versus global separability in agricultural household models: the factor price equalization effect of land transfer rights*. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 84, n. 3, p. 702-715, 2002.

CATTANEO, A. *Deforestation in the Brazilian Amazon: comparing the impacts of macroeconomic shocks, land tenure, and technological change*. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 219-240, 2001.

CHENERY, H. *Interregional and international input-output analysis*. *In:* BARNA, Tibor (Ed.). ***The structure interdependence of the economy.*** New York: Wiley, p. 341-356, 1956.

DIXON, P.; RIMMER, M. ***Dynamic general equilibrium modeling for forecasting and policy:*** *a practical guide and documentation of MONASH*. Amsterdam: North-Holland, 2002.

DIXON, P.; RIMMER, M. *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, 1998. Disponível em: <http://www.monash.edu.au/policy>.

FARIA, W. R.; HADDAD, E. A. Estimação das elasticidades de substituição do comércio regional do Brasil. **Nova Economia**, v. 24, n. 1, p. 307-334, 2014.

GROSSMAN, J. B. *The substitutability of natives and immigrants in production*. **The Review of Economics and Statistics**, v. 64, n. 4, p. 596-603, 1982.

HADDAD, E. A. ***Regional inequality and structural changes:*** *lessons from the Brazilian Economy*. Ashgate: Aldershot, 1999.

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P.; PEROBELLI, F. S. **Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia brasileira**. Relatório de Pesquisas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), 2009.

HANOCH, G. *CRESH production functions*. **Econometrica**, v. 39, n. 5, p. 695-712, 1971.

HEISTERMANN, M.; MÜLLER, C.; RONNEBERGER, C. *Land in sight?: achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 141-158, 2006.

HERTEL, T.; ROSE, S.; TOL, R. S. J. *Land use in computable general equilibrium models: an overview*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 39, 2008. Disponível em: <http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3659.pdf>.

HERTEL, T.; TYNER, W. E.; BIRUR, D. K. *The global impacts of biofuel mandates*. **The Energy Journal**, v. 31, n. 1, p. 75-100, 2010.

HORRIDGE, M. ***ORANI-G:*** *a generic single-country computable general equilibrium model*. Clayton: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, 2003. Disponível em: <http://www.monash.edu.au/policy/oranig.htm>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Censos Agropecuários 1995-1996 e 2006.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm >.

JOHANSEN, L. ***A multi-sectoral study of economic growth***. Second enlarged edition. North Holland/American Elsevier, 1960.

LAMBIN, E. GEIST, H. J.; LEPERS, E. *Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions*. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205-41, 2003.

MOREIRA, A. R. B.; HELFAND, S. M.; FIGUEIREDO, A. M. R. Explicando as diferenças na produtividade agrícola no Brasil. **Texto para discussão**. Rio de Janeiro: IPEA, n. 1254, 2007.

MOSES, L. *The stability of interregional trading patterns and input-output analysis*. **The American Economic Review**, v. 45, n. 5, p. 803-832, 1955.

OZAKI, V. Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 46, n. 3, p. 869-886, 2008.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. S. A.; FERREIRA, P. G. C. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 17, n.1, p. 65-91, 2007.

SANTOS, G. F. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. São Paulo, 2010. 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. *The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 21-38, 2006.