CAPÍTULO 13

O CONTROLE DO DESFLORESTAMENTO E A EXPANSÃO DA OFERTA AGRÍCOLA NO BRASIL[1]

Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho
Luis Alejandro Ribera
Jonathan Mark Horridge

1 INTRODUÇÃO

A recente elevação dos preços agrícolas nos mercados mundiais, o surgimento dos biocombustíveis como importante fonte de energia e os cenários da mudança climática global trouxeram o problema da oferta de produtos agrícolas novamente para a linha de frente das discussões econômicas. A preocupação sobre como suprir alimentos e matérias-primas agrícolas para uma população mundial em expansão tornou-se ponto central nas discussões sobre política econômica, especialmente diante dos cenários pessimistas sobre a mudança climática, bem como sobre a crescente escassez de fatores primários para a expansão agrícola; notadamente, a terra.

Embora a taxa de crescimento da demanda agregada por alimentos tenda a diminuir nos próximos anos, como consequência da redução da taxa de crescimento populacional e da saturação do consumo de alimentos em algumas regiões do mundo (FAO, 2013), a pressão sobre a agricultura deve continuar elevada. Estimativas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) mostram que a população mundial deve aumentar em 2 bilhões de pessoas nas próximas quatro décadas, o que vai exigir que a produção agrícola global se eleve em 60%, em relação ao nível observado no período 2005-2007 (*op.cit.*).

Deve-se notar que a América Latina tem papel de destaque em termos de importância na oferta de alimentos em termos globais. A elevação da produção de alimentos nesse continente tem sido maior que a média mundial, até mesmo se considerando que o crescimento demográfico na região tem sido maior que essa média (Maletta e Maletta, 2011). O nível da produção de alimentos na América Latina no período 2007-2009 era quatro vezes maior que no período1961-1963, com a produção agrícola total crescendo à taxa de 3% ao ano (a.a.), enquanto a produção de alimentos se elevou em 3,22% a.a. Ao mesmo tempo, a produção por hectare passou de um incremento anual de 1,76%, nos anos 1960, para um de 3,48%, na década de 2000.

1. Este capítulo é baseado em Ferreira Filho, Ribera e Horridge (2015), sendo uma versão revista e atualizada. As principais revisões dizem respeito à atualização da linha de base, à qual foram incorporadas as mudanças recentes da economia brasileira dos últimos anos, e que não estavam disponíveis até então.

Apesar desse incremento em termos de produtividade, a quantidade de terras agrícolas na América Latina passou de 577,9 milhões de hectares, no período 1961-1963, para 713,2 milhões de hectares, no período 2006-2008, com a maior parte do incremento acontecendo nos anos iniciais do período. O crescimento anual médio na área agrícola na região foi de 5 milhões de hectares nos anos 1960, caindo para perto de zero na década de 2000 (FAO, 2013). Além disso, a maior parte da expansão das terras agrícolas aconteceu no Brasil, especialmente no período de expansão mais rápido de 1961 a 1975.

Ao mesmo tempo, outro estudo da FAO (2002) mostra que a expansão da agricultura em termos globais nos últimos cinquenta anos demandou 67 milhões de hectares de terras aráveis, resultado líquido da expansão de 107 milhões de hectares nos países em desenvolvimento e de queda de 40 milhões de hectares nos países desenvolvidos. Esse estudo sugere ainda que

> nos próximos 30 anos, os países em desenvolvimento necessitarão de 120 Mha adicionais para culturas, um incremento global de 12,5%, sendo que mais da metade daquele incremento deverá acontecer em apenas sete países da América Latina tropical e da África subsaariana (FAO, 2002, p.1).

O Brasil é um dos poucos países no mundo que ainda possuem um grande estoque de florestas passíveis de serem convertidas em agricultura. De acordo com Sparovek *et al*. (2015), até mesmo se levando em conta as restrições legais ao desflorestamento – como áreas protegidas e reservas –, o Brasil ainda disporia de aproximadamente 114 milhões de hectares não protegidos em terras privadas, aptos, portanto, a serem desflorestados para uso da agropecuária,[2] sob a legislação vigente. Note-se que, por um lado, os compromissos do Brasil estabelecidos, em 2015, na XXI Conferência das Partes (COP-21), em Paris, estavam associados ao fim do desflorestamento ilegal no Brasil. Alguns estados – como Mato Grosso –, por outro lado, se comprometeram com metas particulares e que envolveriam zerar o desmatamento ilegal na Amazônia até 2020. Autores como Moutinho (2015) defendem zerar todo o desmatamento da Amazônia brasileira, o que implicaria "congelar" a área disponível para a agropecuária no país nessa região.

De fato, as possibilidades de expansão da área disponível para a atividade agropecuária é um dos temas mais atuais e controvertidos da política econômica no Brasil, uma vez que esse tema não se restringe apenas ao campo da política agrícola – como aconteceu na expansão observada na década de 1970 –, mas também concerne ao campo da política ambiental. Embora as vantagens das restrições ao desflorestamento sejam bem conhecidas e discutidas em termos ambientais, as consequências econômicas gerais desse processo são menos discutidas na literatura, especialmente em termos dos seus impactos agregados no país.

2. Nem toda essa área, contudo, tem boa aptidão agrícola, e apenas uma parte poderia ser explorada sob cenários de grande intensificação tecnológica. Ver Sparovek *et al*. (2015).

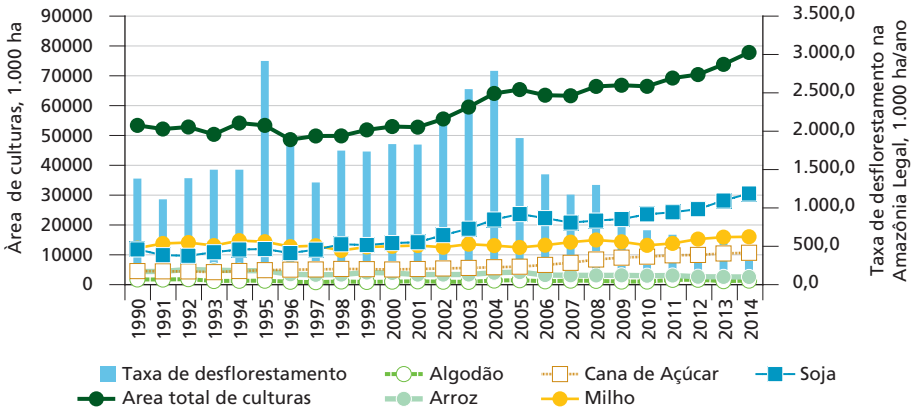
Dessa forma, este capítulo visa contribuir para a compreensão do problema, discutindo as implicações econômicas da restrição ao desflorestamento para a expansão da oferta agrícola no Brasil, ao utilizar um modelo econômico de simulação especialmente projetado para esse propósito. Cenários de restrição ao desflorestamento são simulados, e as implicações para a agropecuária – bem como para a economia em geral – são analisadas. Dada a grande heterogeneidade espacial da agropecuária brasileira, os impactos serão ainda analisados em termos regionais, como forma de lançar luz sobre potenciais ganhadores e perdedores no processo.

2 AS TENDÊNCIAS RECENTES DA EVOLUÇÃO DO DESFLORESTAMENTO E DA OFERTA AGRÍCOLA NO BRASIL

A área agrícola total tem crescido de forma praticamente contínua no Brasil nos últimos vinte anos, como pode ser visto no gráfico 1. A maior parte dessa expansão, porém, pode ser atribuída a cinco culturas principais, a saber: algodão, arroz, cana-de-açúcar, milho e soja, que responderam por cerca de 78,8% da área total com culturas no Brasil em 2014. Como se pode observar, a área cultivada com soja, milho e cana-de-açúcar foram as que aumentaram em ritmos mais acelerados.

GRÁFICO 1

Evolução do desflorestamento, da área agrícola total e de culturas selecionadas – Brasil (1990-2014)



Fonte: Prodes – disponível em: <http://goo.gl/YDSqn0> – e IBGE (2015).

O gráfico 1 mostra simultaneamente a evolução da taxa anual de desflorestamento na Amazônia Legal, que, como observado, se reduziu significativamente a partir de 2004, tendo atingido a marca de 0,515 milhão de hectares, na média do período 2012-2014, contra 1,5 milhão de hectares, na média do período 2005-2006. Com isso, tem-se diminuído consideravelmente a incorporação de novas terras à agropecuária, o que levanta naturalmente a questão de por quanto tempo a agricultura brasileira será capaz de sustentar sua oferta, em face dessa forte restrição de oferta de terra, seu principal fator primário.

Um elemento-chave nessa discussão é o papel desempenhado pelas pastagens na expansão agrícola no Brasil. A evolução da área de pastagens não está incluída no gráfico 1, por não haver dados disponíveis na forma de uma série de tempo. Os censos agropecuários de 1995-1996 (IBGE, 1998) e 2006 (IBGE, 2007) mostraram que a área total com pastagens no Brasil decresceu de 177,7 milhões de hectares, em 1995, para 151,8 milhões de hectares, em 2006, o que indica que a expansão da agricultura pode acontecer às custas dessas vastas áreas de pastagens (a expansão na margem intensiva), em grande parte de baixa produtividade.

Tradicionalmente, a transição de florestas para agricultura no Brasil tem como etapa intermediária a passagem de florestas para pastagens, que – mais tarde, com a adaptação e a melhoria das propriedades do solo – seriam convertidas em culturas. A transitividade desse processo indica que a expansão da agricultura está de algum modo relacionado ao desflorestamento através da expansão das áreas de pastagens, fenômeno conhecido como mudança indireta no uso do solo (Iluc – *indirect land use change*). A análise desse fenômeno é bastante difícil de ser feita empiricamente e tem sido objeto de debate na literatura recente sobre mudança de uso do solo (Nassar *et al.*, 2010; Ferez, 2010; Sá, Palmer e Falco, 2013; Lapola *et al.*, 2010; Barona *et al.* 2010; Arima *et al.*, 2011; Macedo *et al.* 2012; Taheripour *et al.* 2010; Ferreira Filho e Horridge, 2014b). O uso de modelos de simulação pode contribuir para a melhor compreensão do problema, ao tornar explícitas as inter-relações entre as variáveis envolvidas, o que será discutido a seguir.

3 METODOLOGIA

A análise será conduzida através de um modelo computável de equilíbrio geral (CEG) do Brasil, projetado para análises relativas às mudanças do uso do solo. Esse modelo é chamado de TERM-BR e é baseado em trabalhos anteriores de Ferreira Filho e Horridge (2014a; 2014b). Trata-se de modelo dinâmico, com um módulo de uso do solo que permite a análise de mudanças endógenas na oferta de terras agrícolas no Brasil. É um modelo inter-regional, *bottom-up* e dinâmico recursivo, que, para as simulações aqui realizadas, foi agregado para quinze regiões e 38 atividades produtivas. Possui ainda dez tipos de famílias, classificadas por classe de dispêndio familiar, bem como dez modelos de trabalho, categorizados por faixa de salário, como *proxy* para qualificação. O modelo está calibrado para o ano inicial de 2005.

Uma dificuldade encontrada em modelos de análise de desflorestamento está no fato de que não há apenas uma teoria que explique esse fenômeno, o que pode ser constatado pela diversidade de abordagens empíricas encontradas na literatura. De fato, o desflorestamento é afetado por variáveis econômicas – como preços e existência de infraestrutura, bem como estradas de acesso – e, também, por outras não econômicas, como variáveis demográficas, ou ainda por aquelas relacionadas ao aparato legal, como é o caso de diretos de propriedade fracamente definidos. Por essa dificuldade, a abordagem utilizada neste estudo parte de estratégia de modelagem.

Como opção metodológica nessa área, o módulo de uso do solo do modelo é baseado em matrizes de transição no uso do solo, calibradas a partir de imagens de satélite de mudanças no uso do solo, entre 1994 e 2002 (Brasil, 2010), proposto por Ferreira Filho e Horridge (2014b). Nessa matriz, as mudanças no uso do solo são agregadas em quatro grandes grupos da agropecuária, a saber: culturas, pastagens, reflorestamento e um tipo de floresta natural. O uso do solo é desagregado por estado e bioma, sendo que há a distinção de seis biomas diferentes: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampas.[3]

Entre anos sucessivos na simulação, o modelo permite que a terra seja móvel entre as categorias referidas anteriormente, guiada inicialmente pela matriz de transição, mudando a oferta de terras agrícolas entre os anos. Essa matriz representa, portanto, um resumo dos múltiplos fatores que afetam o fenômeno do desflorestamento e que estão incorporados nas transições observadas. Os valores observados para as transições no uso do solo – agregadas na dimensão bioma – podem ser observados a seguir na tabela 1, para estados selecionados com estrutura diferenciada nas transições, apenas para efeito de exemplo.

TABELA 1
Matriz de transição entre diferentes usos do solo – Brasil (1994-2002)
(Em milhões de hectares)

	Amazonas				
	Culturas	Pastagens	Florestas plantadas	Florestas naturais	**Total (1994)**
Culturas	0,08	0	0	0	**0,08**
Pastagens	0	3,68	0	0,07	**3,74**
Florestas plantadas	0	0	0	0	**0**
Florestas naturais	0,04	0,67	0	151,19	**151,89**
Total (2002)	0,12	4,35	0	151,26	**155,72**
	Mato Grosso				
	Culturas	Pastagens	Florestas plantadas	Florestas naturais	**Total (1994)**
Culturas	7,95	1,61	0	0,04	**9,60**
Pastagens	1,30	18,28	0	0,27	**19,84**
Florestas plantadas	0	0	0	0	**0,00**
Florestas naturais	2,08	5,88	0	53,23	**61,20**
Total (2002)	11,33	25,77	0,01	53,53	**90,64**
	Brasil				
	Culturas	Pastagens	Florestas plantadas	Florestas naturais	**Total (1994)**
Culturas	97,6	3,2	0,1	0,3	**101,1**
Pastagens	5,1	171,7	0,1	1,3	**178,2**
Florestas plantadas	0,1	0,1	5,6	0	**5,8**
Florestas naturais	7,7	25,9	0,1	531,2	**564,9**
Total (2002)	110,3	200,9	5,9	532,8	**850,0**

Fonte: Brasil (2010).
Elaboração dos autores.

3. A dimensão bioma não será explorada neste estudo.

Na tabela 1, a última coluna (total das linhas) mostra o uso inicial do solo, em 1994, ao passo que a última linha em cada estado apresenta o uso final, em 2002. Os valores no corpo da tabela identificam as transições entre os diferentes tipos de uso entre aqueles anos. Assim, por exemplo, verifica-se que, no estado do Mato Grosso, de um total de 61,2 milhões de hectares de florestas nativas observadas em 1994, 2,08 milhões de hectares de florestas nativas eram utilizadas na agricultura em 2002, enquanto 5,88 milhões de hectares eram aproveitados em pastagens.[4] Como se verifica, o padrão de substituição difere substancialmente entre estados, o que reflete a evolução diferencial da expansão da fronteira agrícola.

Os valores examinados na tabela 1 foram transformados em parcelas, que representam probabilidades de Markov de que um tipo particular de terra em determinado uso em dado ano esteja em outro uso no ano seguinte. Essas probabilidades são modificadas endogenamente no modelo, de acordo com os retornos médios por cada tipo de solo, em cada região (Ferreira Filho e Horridge, 2014b). Assim, se os retornos às atividades agrícolas crescem em relação aos das pastagens, a conversão de pastagens em agricultura aumenta.

Portanto, a dinâmica do modelo permite a construção de base de análise para estados futuros da economia, em relação a quais outras simulações de política podem ser comparadas. Essas simulações diferirão da base apenas pelos choques nas variáveis de interesse, o que vai gerar desvios que serão interpretados como os efeitos da introdução da política que, no caso presente, será a redução do desflorestamento no Brasil.

4 A LINHA DE BASE DO MODELO E A SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Conforme mencionado, o modelo está calibrado para o ano-base de 2005, que é então o ponto inicial da análise. O primeiro passo na simulação é a realização de simulação histórica, que atualiza a base de dados do modelo até 2015. Nessa simulação, a variação observada nos agregados macroeconômicos da economia brasileira é imposta ao modelo, que dessa maneira atualiza toda a base de dados até o período mais recente. Depois dessa atualização histórica, adotou-se para a construção da linha de base do modelo um crescimento moderado da economia até 2025, da ordem de 2,5% a.a., em conjunto com projeções de crescimento populacional por região do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4. Associado a essas matrizes de transições, o modelo conta ainda com um módulo de emissões de gases de efeito estufa. Esse aspecto do problema, contudo, não é explorado neste trabalho.

As simulações de política compreendem dois cenários básicos. O primeiro impõe como meta a redução do desmatamento prevista no Plano de Ação para Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM) (Brasil, 2013), que prevê redução da taxa de desflorestamento de 80% em relação à média observada durante o período 1996-2005 (1,965 milhões de hectares), o que significa que a meta a atingir de desflorestamento – a partir de 2020 – seria de aproximadamente 0,393 milhões de hectares por ano.

O segundo cenário, por sua vez, consiste em interrupção total do desflorestamento no Brasil. Esse cenário, embora extremo, está de acordo com o proposto na Declaração de Nova York sobre Florestas, emitida na Reunião sobre o Clima das Nações Unidas (United Nations, 2014), que não foi endossada pelo Brasil.

Em resumo, as simulações deste trabalho consistem nos seguintes cenários.

1) Base – Preparação da linha de base do modelo. Isso projetou a economia até 2025, calcado nas tendências observadas para o produto interno bruto (PIB), a população e outras variáveis macroeconômicas, como o consumo real das famílias, o investimento, os gastos do governo e as exportações. Após o período histórico, assumiu-se que o crescimento do PIB seria de 2,5% a.a. até 2025. A taxa de desflorestamento média utilizada na projeção foi a observada para o período 2009-2014 (aproximadamente 0,65 milhões de hectares/ano), o que determina quanta terra entra na produção da agropecuária.
2) Cenário de política 1 (CEN 1 – O mesmo que a linha de base, mais a introdução das metas do PPCDAM (Brasil, 2013) para redução do desflorestamento – ou seja, desflorestamento anual de 0,395 milhões de hectares, começando em 2015.
3) Cenário de política 2 (CEN 2) – Igual ao da linha de base, com a introdução do desmatamento zero.
4) A comparação dos cenários de política com a linha de base permitirá inferir a respeito dos efeitos da redução do desmatamento na economia brasileira.

5 RESULTADOS

Os resultados das simulações sobre algumas variáveis macroeconômicas selecionadas podem ser vistos na tabela 2. Nesta, são apresentados os valores – acumulados em 2025 – de algumas variáveis macroeconômicas, tanto na linha de base quanto nos dois cenários. Na linha de base, os valores são a variação acumulada das variáveis no período 2005-2025, enquanto para os cenários, os resultados mostram os desvios em relação à linha de base, acumulados em 2025.

TABELA 2
Resultados do modelo: variáveis macroeconômicas selecionadas – variação acumulada (2005-2025)
(Em %)w

	Variação (2005-2025)	Cenários em 2025 relativos à base – variação	
	Base	CEN 1	CEN 2
Consumo das famílias	90,4	0,01	0,01
Investimento	76,6	-0,24	-0,48
Gastos do governo	65,8	0,01	0,01
Exportações (quantum)	50,5	-0,08	-0,16
Importações (quantum)	185,9	-0,07	-0,13
PIB	69,0	-0,04	-0,07
Emprego agregado	27,4	0,00	0,00
Salário real	38,0	-0,09	-0,17
Capital agregado	69,9	-0,04	-0,09
Área de culturas	12,44	-0,66	-1,40
Área de pastagens	3,46	-1,51	-3,19

Fonte: Resultados do modelo.

Verifica-se que, dessa forma, na projeção da linha de base, a área de culturas seria, em 2025, 12,44% maior que a observada em 2005, enquanto que a área de pastagens cresceria 3,46% no mesmo período. Note-se que essa variação, na linha de base, é determinada pelo crescimento das variáveis macroeconômicas projetadas para o período. Como se pode ver, o PIB cresceria 69%, mas a absorção interna aumentaria ainda mais, com as importações quase duplicando, o que é possível através de uma hipótese assumida de melhoria nos termos de troca do Brasil.

Os cenários de política impõem restrições ao desflorestamento ainda maiores, sendo que o cenário 1 praticamente reduz à metade o desflorestamento observado na linha de base, o que diminuiria a área de culturas em 0,66% (1,40%, no cenário 2) e a área de pastagens em 1,51% (3,19%, no cenário 2, com desmatamento zero). Contudo, a remuneração do fator terra corresponde, no ano-base, a apenas 1,8% do PIB no Brasil; os custos sociais (econômicos) dessa redução não devem ser muito elevados. De fato, os resultados do modelo indicam que a diminuição do desflorestamento no Brasil acarretaria queda do PIB de 0,04% e 0,07%, respectivamente, para os cenários 1 e 2, acumulados em 2025.[5]

Em termos regionais, os resultados seriam diferenciados. Os estados localizados na fronteira agrícola seriam, naturalmente, os mais severamente afetados pelos cenários de redução do desflorestamento, como pode ser visto nos dados da tabela 3.

5. Cabral e Gurgel (2014), ao utilizar distinto modelo computável de equilíbrio geral (CEG), estimaram que as leis que restringem o desflorestamento no Brasil reduziriam o produto interno bruto (PIB), em 2020, em 0,15%.

O PIB de estados como Rondônia e Mato Grosso cairia em aproximadamente 0,45%, comparado com queda de apenas 0,04% em São Paulo, por exemplo, no cenário 2. Esses resultados ilustram um aspecto importante do problema; qual seja, de que – enquanto os benefícios ambientais de uma política agressiva de redução de desflorestamento seriam usufruídos por toda a sociedade – os custos recairiam de maneira desproporcional nos estados localizados nas regiões que compõem a fronteira agrícola, em que a participação da agricultura no PIB regional tende a ser mais elevada.

TABELA 3
Resultados do modelo: variação dos PIBs regionais – variação acumulada (2025) (Em %)

Regiões	CEN 1	CEN 2
Rondônia	-0,23	-0,45
Amazônia	-0,34	-0,70
Pará e Tocantins	-0,26	-0,50
Maranhão e Piauí	-0,19	-0,37
Pernambuco e Alagoas	-0,02	-0,03
Bahia	-0,06	-0,12
Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe	0,00	-0,01
Minas Gerais	0,00	0,00
Rio de Janeiro e Espírito Santo	0,00	-0,01
São Paulo	-0,02	-0,04
Paraná	-0,02	-0,04
Santa Catarina e Rio Grande do Sul	-0,02	-0,04
Mato Grosso do Sul	0,00	0,00
Mato Grosso	-0,25	-0,48
Goiás e Distrito Federal	-0,01	-0,03

Fonte: Resultados do modelo.

As variações agregadas de áreas geradas pelo modelo são vistas na tabela 4. Nesta, os resultados representam variações em milhões de hectares, acumulados em 2025. Segundo os resultados, os cenários de desflorestamento reduziriam a oferta de terras para a agropecuária. Em particular, a restrição mais severa do cenário 2 reduziria a oferta de terras para a agricultura em cerca de 1 milhão de hectares, ao passo que, para a pecuária, a redução seria muito maior, de 5,3 milhões de hectares. Note-se que parte das terras utilizadas para a pecuária seria incorporada pela agricultura, o que determina esse resultado diferencial. A grande área disponível de pastagens no Brasil, desta forma, atua como uma fronteira "intensiva" para a agricultura, amortecendo os impactos sobre a área agrícola de uma queda no desflorestamento, uma questão central para a análise do problema.

TABELA 4
Resultados do modelo: uso da terra por categorias agregadas – mudanças ordinárias acumuladas, em milhões de hectares (2025)
(Em %)

	Variação (2005-2025)	Cenários em 2025 relativos à base (variação)	
	Base	CEN 1	CEN 2
Culturas	8,1	-0,6	-1,0
Pastagens	5,9	-3,0	-5,3
Florestas plantadas	0,2	0,0	-0,1
Florestas naturais	-14,2	3,6	6,4

Fonte: Resultados do modelo.

As variações de produção e as áreas das atividades da agropecuária como resultado das simulações podem ser vistas na tabela 5, em que se verifica que tais variações na produção tendem a ser menores que aquelas nas áreas cultivadas, o que implica elevação da produtividade da terra, em termos agregados. Esse efeito se deve a basicamente dois mecanismos no modelo. Inicialmente, a produtividade da terra na fronteira agrícola – na qual acontece a maior queda de área – tende a ser menor que as correspondentes produtividades nas regiões tradicionais. Com o aumento do preço da terra causado pelos choques de política nas simulações, a produção tem a tendência de aumentar nas regiões de maior produtividade, o que eleva as médias nacionais.

TABELA 5
Resultados do modelo: variações na produção, no uso da terra e na produtividade total dos fatores (PTF) necessária para manter a produção em 2025 aos níveis da base. Variações em relação à linha de base do modelo
(Em %)

Cultura	Base	CEN 1			CEN 2		
	Produção	Uso da terra	Produção	PTF (extra)	Uso da terra	Produção	PTF (extra)
Arroz	21,9	-2,28	-0,97	0,09	-3,89	-1,64	0,18
Milho	70,4	-0,83	-0,24	0,03	-1,48	-0,40	0,07
Trigo	-3,5	-0,02	-0,07	0,01	-0,13	-0,14	0,01
Cana-de-açúcar	96,2	-0,23	-0,08	0,00	-0,41	-0,14	0,01
Soja	65,7	-0,68	-0,50	0,03	-1,22	-0,83	0,06
Outros produtos agrícolas	47,8	-1,09	-0,14	0,02	-1,94	-0,24	0,03
Mandioca	68,2	-2,39	-0,63	0,13	-4,27	-1,10	0,26
Fumo	61,1	-0,10	-0,05	0,01	-0,16	-0,08	0,01
Algodão	64,8	-0,59	-0,21	0,03	-1,06	-0,35	0,07
Frutas cítricas	57,5	-0,64	-0,22	0,01	-1,12	-0,38	0,03
Café	28,3	-0,72	-0,21	0,01	-1,29	-0,34	0,02
Silvicultura	52,1	-0,64	-0,47	0,04	-1,21	-0,82	0,09
Pecuária – corte	59,4	-1,90	-0,70	0,09	-3,34	-1,17	0,17
Pecuária – leite	56,4	-1,28	-0,50	0,04	-2,29	-0,84	0,09

Fonte: Resultados do modelo.

Além disso, à medida que o preço da terra se eleva, há substituição de insumos na agricultura, tendendo-se a reduzir, em termos relativos, o uso da terra e a intensificar o de outros insumos, o que, por seu turno, também aumenta a produtividade do fator terra.

A variação da produção do modelo pode ser ainda decomposta em termos de seus componentes e é mostrada na tabela 6. A variação na produção é decomposta em seus quatro componentes principais, colunas A-D, mas apenas para o cenário 2, que é o cenário com a restrição mais severa. A coluna A representa a mudança percentual na área total (nacional), a coluna B, o efeito das áreas que se expande mais em regiões nas quais a produtividade é maior – normalmente, as regiões tradicionais –, a coluna C é a elevação de produtividade decorrente da substituição (limitada) entre os insumos produtivos, e a coluna D é um termo de interação, ou de segunda ordem.

Essa decomposição auxilia a compreender como a realocação geográfica e a substituição entre insumos ajudam a amortecer, no modelo, o efeito sobre a produção da queda da área cultivada. Tomando-se a cultura do arroz como exemplo, verifica-se que a interrupção do desflorestamento causaria redução de 3,92% na área cultivada em 2025 (coluna A). A realocação da produção de arroz para regiões com maior produtividade elevaria a produção em 1,59% (coluna B), enquanto a substituição de insumos traria elevação adicional de 0,81% na produção (coluna C). Como resultado líquido dessas variações – e levando-se em conta o termo de interação entre as variáveis –, o resultado final é queda de 1,64% na produção nacional de arroz.

TABELA 6
Resultados do modelo: decomposição das fontes de mudança na produção em relação à linha de base – cenário 2 (2025)
(Em %)

	(A) Área nacional	(B) Efeito realocação regional	(C) Efeito substituição insumos	(D) Termo de interaçao	(E) Produção nacional
Arroz	-3,92	1,59	0,81	-0,12	-1,64
Milho	-1,50	0,54	0,62	-0,05	-0,40
Trigo	-0,27	0,02	-0,12	0,00	-0,14
Cana-de-açúcar	-0,40	0,15	0,14	-0,01	-0,14
Soja	-1,19	-0,20	0,60	-0,03	-0,83
Outros produtos agrícolas	-1,95	0,95	0,80	-0,06	-0,24
Mandioca	-4,40	0,16	3,76	-0,61	-1,10
Fumo	-0,16	0,14	-0,05	-0,01	-0,08
Algodão	-1,09	-0,39	1,15	-0,02	-0,35
Frutas cítricas	-1,12	0,15	0,67	-0,08	-0,38
Café	-1,27	0,59	0,37	-0,03	-0,34
Silvicultura	-1,22	-0,51	0,94	-0,05	-0,82
Pecuária – corte	-3,35	0,35	2,00	-0,16	-1,17
Pecuária – leite	-2,22	0,21	1,25	-0,08	-0,84

Fonte: Resultados do modelo.

Os números sugerem, portanto, que um decréscimo no desflorestamento traria impacto relativamente pequeno na oferta agrícola, o que em parte seria causado por elevação na produtividade. Note-se que esse aumento de produtividade é um efeito induzido pelas mudanças nos preços relativos, e não uma transformação tecnológica no sentido clássico do termo, que é exógena ao modelo e que, em tese, poderia compensar a queda da área.

De fato, é bem conhecido o papel desempenhado pela pesquisa agropecuária no Brasil; um caso de sucesso. Dessa forma, foram realizadas duas simulações adicionais para explorar melhor esse aspecto do problema. Nessas simulações, estudou-se quais seriam as taxas de mudança tecnológica (neutra) para manter a produção das atividades agropecuárias no nível observado na linha de base, mas na presença dos cenários de queda de desflorestamento. Esses valores se encontram nas colunas 4 e 7 da tabela 5, que mostram as variações percentuais médias anuais da produtividade total dos fatores (PTF), para manter inalteradas as produções da agropecuária, na presença dos choques de política.

Assim, tem-se na tabela 5 que, no cenário 2, a queda na produção do arroz seria de 1,64% em relação à linha de base. Um crescimento adicional na PTF de 0,18% a.a. no período seria suficiente para manter a produção aos níveis observados na linha de base, até mesmo na presença da interrupção do desflorestamento. Nesse sentido, o crescimento requerido acima da tendência da PTF seria modesto, especialmente se considerado que o crescimento agregado dessa produtividade na economia brasileira, no período 1995-2006, foi de 2,13% a.a. (Gasques *et al.*, 2011).[6]

6 CONCLUSÕES

Em conclusão, as estimativas obtidas para o custo social da redução do desflorestamento no Brasil mostram que estas seriam modestas, até mesmo no caso do cenário mais agressivo de interrupção total do desflorestamento. Diversos efeitos contribuiriam para o resultado, sendo o principal destes a grande disponibilidade interna de áreas de pastagens, que seriam substituídas não apenas por culturas, mas também pelo uso mais efetivo das terras disponíveis, através da realocação geográfica e da intensificação do uso da terra.

Naturalmente, a resposta do modelo é mais pronunciada ao se analisar culturas e regiões específicas, como é o caso da produção de arroz, que apresentaria queda acumulada em 2025 de 1,64%, em termos agregados. Como visto, contudo, essas quedas seriam neutralizadas através de pequenos aumentos adicionais na taxa de progresso tecnológico nas atividades. Esse resultado chama atenção para a continuidade do esforço em pesquisa agropecuária no Brasil, nos cenários futuros de redução do desflorestamento, que parece inevitável em face dos compromissos assumidos pelo país nos acordos internacionais sobre o clima.

6. Martha Júnior, Alves e Contini (2012) mostram que a expansão da produção de carne bovina no Brasil, no período 1996-2006, também se deu via aumentos de produtividade, com crescimento estimado de 9,1% ao ano (a.a.) nas taxas de lotação.

Os efeitos sobre regiões específicas não podem ser desconsiderados. Os estados situados na fronteira agrícola seriam os que perderiam mais em termos da produção futura, e algum tipo de política compensatória necessitaria ser introduzida, como forma de facilitar a implementação das políticas. E isso é especialmente verdadeiro quando se leva em conta a diversidade entre produtores, o que exige instrumentos de política com elevado grau de especialização.

Note-se que os valores apresentados neste trabalho se referem exclusivamente a ganhos/perdas econômicos. Ganhos ambientais decorrentes do processo não foram aqui avaliados, mas são potencialmente muito elevados pela magnitude do processo. Nossa análise, portanto, conclui que não há razões para acreditar que as restrições sobre o desflorestamento no Brasil possam representar ameaça à oferta interna de alimentos no futuro próximo. Ao contrário, essas políticas fortalecem a posição do país no cenário exterior, na medida em que mais restrições ambientais são incorporadas como elementos do comércio internacional, na forma de barreiras não tarifárias.

REFERÊNCIAS

ARIMA, E. Y. *et al*. Statistical confirmation of indirect land-use change in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 6, n. 2, p. 1-7, Apr./June 2011.

BARONA, E. *et al*. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters,** v. 5, n. 2, p. 1-9, Apr./June 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segunda comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança global do clima**. Brasília: MCTI, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/TkMrQm>.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM**. Brasilia: MMA, 2013.

CABRAL, C. S. R.; GURGEL, A. **Economic analysis of limitation of deforestation in Brazil**. *In*: WORLD ECONOMICS ASSOCIATION CONFERENCE. Greece, 2014.

FAO – UNITED NATIONS, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FAOSTAT. **World agriculture**: Towards 2015/2030. Summary Report, 2002.

_____. **FAO Statistical Yearbook 2013**: World food and agriculture. Rome: FAO, 2013.

FEREZ, J. Produção de etanol e seus impactos sobre o uso da Terra no Brasil. *In*: 48º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. Campo Grande, MS, 2010.

FERREIRA FILHO, J.; HORRIDGE, M. Greenhouse gas mitigation by agriculture and livestock intensification in Brazil. *In*: 17º ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS. Dakar, Senegal. 2014a.

_____. Ethanol expansion and indirect land-use change in Brazil. **Land Use Policy**, n. 36, p. 595-604, 2014b.

FERREIRA FILHO, J. B. S; RIBERA, L; HORRIDGE, M. Deforestation control and agricultural supply in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**. v. 97, n. 2, p. 589-601, 2015.

GASQUES, J. G *et al*. produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários. *In*: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/80HfYz>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 1995-1996. Brasília, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2006. Brasília, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agrícola Municipal**, 2015.

LAPOLA, D. M. *et al*. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. **PNAS,** v. 107, n. 8, p. 3388-93, 2010.

MARTHA J.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, n. 2012, p. 173-77, 2012.

MACEDO, M. N. *et al*. Decoupling of deforestation and soy production in the Southern Amazon during the late 2000s. **PNAS**, v. 109, n. 4, p. 1341-1346, 2012.

MALETTA, H.; MALETTA, E. **Climate change, agriculture and food security in Latin America**. Brentwood, Essex, UK: Multi Science Publishing Co Ltd, 2011.

MOUTINHO, P. **É possível zerar o desmatamento na Amazônia brasileira?** Belém: Ipam, 2015.

NASSAR, A. M. *et al*. **Contribuição do setor sucroalcooleiro para a matriz energética e para a mitigação de gases do efeito estufa no Brasil**. 2010.

SÁ, S. A.; PALMER, C.; FALCO, S. Dynamics of indirect land-use change: empirical evidence from Brazil. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 65, p. 377-93, 2013.

TAHERIPOUR, F. *et al*. Biofuels and their by-products: Global economic and environmental implications. **Biomass and Bioenergy** v. 34, n. 3, p. 278-89, 2010.

SPAROVEK, G. *et al*. Effects of Governance on Availability of Land for Agriculture and Conservation in Brazil. **Environ. Sci. Technol**. n. 49, p. 10285-10293, 2015.