

CAPÍTULO 14

PROJEÇÕES DE IMPACTOS DOS SISTEMAS ILPF SOBRE MUDANÇAS NO USO DA TERRA NO BRASIL*

Cícero Zanetti de Lima; Angelo Costa Gurgel; Joaquim José Martins Guilhoto

* Este trabalho contou com apoio do CNPq. O conteúdo do capítulo expressa a visão dos autores e não necessariamente representa a visão da OCDE ou dos seus países membros.

Introdução

A expansão dos sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no país tem sido notória nos últimos anos (Avaliação..., 2016). Fatores como a expansão da área destinada à soja e a degradação das pastagens devido ao manejo inadequado com baixa produtividade da pecuária pressionam o desenvolvimento de novas práticas agrícolas com o objetivo de intensificar a produtividade (Salton et al., 2014). Os sistemas integrados de produção que combinam culturas vegetais e a pecuária tendem a ser vantajosos tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente. Através dos sistemas integrados é possível recuperar a produtividade das pastagens aumentando a estabilidade das culturas associadas ao sistema de produção (Moraes et al., 2014; Sá et al., 2017).

A adoção da pecuária em sistemas integrados reduz a degradação das pastagens. Pode-se, também, citar outros benefícios desses sistemas como o melhoramento do ciclo de nutrientes, aumento da eficiência dos fertilizantes, melhoria na fertilidade do solo devido a acumulação da matéria orgânica, bem como maior compactação do solo (Moraes et al., 2014). Do ponto de vista econômico, os sistemas integrados aprimoraram o processo de produção agrícola pela melhor utilização da mão-de-obra e/ou implementos agrícolas, promovendo redução de risco e estabilidade no uso dos fatores de produção ao longo do ano agrícola (Strassburg et al., 2014; Silva et al., 2017). Devido às suas vantagens ecológicas e econômicas os sistemas integrados de produção têm sido propostos como estratégia para conter a expansão de área da agricultura sobre vegetação natural e a degradação das pastagens. Os sistemas ILPF estão entre as principais tecnologias sustentáveis para combater décadas de práticas agrícolas com alto impacto ambiental (Agricultura..., 2015).

Além dos benefícios ambientais já citados, os sistemas ILPF possuem um grande potencial de mitigação de gases do efeito estufa (Bogaerts et al., 2017). Ao permitir um aumento de produtividade da terra, que gera maiores volumes de produtos agropecuários por área produtiva, esses sistemas garantem uma intensificação sustentável da agricultura. Esse melhor aproveitamento do recurso natural

terra implica em uma menor necessidade ou demanda por esse recurso, dada uma mesma procura por alimentos (Yohannes, 2015).

Os benefícios dos sistemas integrados sobre a produtividade e sobre o meio ambiente produtivo do agricultor têm sido investigados através de experimentos e medições de campo. Contudo, os impactos econômicos sistêmicos da adoção em larga escala desses sistemas, decorrentes das alterações em produtividade, aumento na oferta de produtos, e consequente realocação do uso da terra, ainda não foram mensurados. Nesse sentido, quais seriam os efeitos esperados da adoção em larga escala dos sistemas integrados no país sobre a alocação das atividades agropecuárias? Como as mudanças em produção e produtividade afetariam a necessidade de áreas para a produção vegetal e animal?

O objetivo do presente capítulo é projetar os impactos na mudança do uso da terra pela adoção de 11,4 Mha de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, que é a área estimada e adotada entre os anos de 2000 e 2010 (Avaliação..., 2016). Para capturar todos esses efeitos e suas relações, utiliza-se na presente pesquisa um modelo econômico de projeção da categoria dos modelos de equilíbrio geral computável. A próxima seção descreve as características desse tipo de modelagem e as especificidades do modelo aqui utilizado. A terceira seção apresenta e discute os resultados consequentes de mudanças no uso da terra única e exclusivamente da expansão dos sistemas ILPF. A quarta seção apresenta as conclusões e considerações finais.

Metodologia

Para realizar esse estudo é necessário considerar os efeitos econômicos diretos e indiretos que o aumento da produtividade da terra proporciona sobre os mercados agropecuários. Maior produção por área significa também um aumento na oferta de produtos agropecuários, que por sua vez leva a reduções nos seus preços. Considerando os níveis de demanda corrente, menores preços incentivam o consumo dos alimentos, cujas ofertas cresceram, e a substituição entre diferentes tipos de produtos agrícolas e alimentos não foram beneficiados diretamente pelo aumento da produtividade. Mas, como alimentos são produtos considerados de baixa elasticidade-preço da demanda, ou seja, quantidades demandadas alteram relativamente menos do que a mudança nos seus preços, a

expansão de demanda alimentícia diante da queda do preço tende a ser limitada, e parte da renda das famílias antes dedicada à compra de alimentos pode ser destinada a outros bens. Isso significa que um ganho de produtividade na agropecuária gera efeitos em todos os demais mercados de bens.

O próprio mercado de terras agropecuárias é afetado sistematicamente, uma vez que ocorre tanto a competição pelo uso da terra para produção de diferentes bens agrícolas e pecuários, quanto a substituição entre categorias de ocupação do solo, como pecuária, florestas e agricultura. Essa substituição, por sua vez, depende dos retornos relativos de cada atividade e dos custos de oportunidade das diferentes ocupações. Uma intensificação da produção por unidade de área produtiva tende a diminuir a necessidade de novas áreas agropecuárias para produção. Há que se considerar, ainda, que uma maior produtividade da terra sob ILPF gera maior retorno e renda para o produtor agropecuário, que por sua vez, pode remunerar melhor os seus recursos produtivos (capital e trabalho) e utilizar essa renda para novos investimentos ou para aumentar seu consumo. Isso gera uma nova rodada de efeitos sobre os mercados dos demais bens e serviços na economia. Por fim, todos esses mercados agropecuários, de terras e de bens e serviços, possuem características e especificidades regionais, sendo importante considerar tais diferenças.

Dessa forma, para atingir o objetivo da presente pesquisa foi desenvolvido um modelo econômico capaz de representar a economia e a agropecuária brasileiras, considerando as relações econômicas entre diferentes regiões do país, divididas de acordo com critérios político-geográficos e ambientais de delimitação de biomas. O modelo é capaz de simular as diversas atividades econômicas existentes (agropecuária, indústria e serviços) e as relações destas com os consumidores e entidades do governo, bem como com o comércio de bens e serviços entre as regiões brasileiras representadas, e destas com o resto do mundo. Dessa forma, permite projetar cenários que isolam os efeitos da adoção dos sistemas ILPF sobre variáveis econômicas diversas, como preços, quantidades e consumo agregado das famílias, e assim, projetar variações nas áreas utilizadas pela agropecuária e nas áreas florestais e cobertas com vegetação natural.

Para avaliar os impactos dos níveis correntes de adoção dos sistemas ILPF foi simulado no modelo econômico-ambiental a adoção de 11,4 milhões de hectares (Mha) de sistemas integrados, de acordo com os dados da Rede de Fomento ILPF (Avaliação..., 2016). A adoção dos sistemas no modelo é incentivada através de choques econômicos de incentivos financeiros aos agropecuaristas, ao estilo

dos previstos pelo Programa ABC¹ (Brasil, 2012).. O modelo gera como resultado a mudança na distribuição geográfica regional da produção agropecuária, na dinâmica de uso da terra, nos preços dos produtos agropecuários e de alimentos, e na renda regional dos consumidores. O modelo permite simular a adoção dos sistemas ILPF de forma independente de qualquer outra alteração na economia, isolando por completo o efeito desta expansão de outros possíveis choques nos sistemas agropecuários e econômicos do Brasil e do mundo. Dessa forma, os resultados aqui encontrados podem ser interpretados como os efeitos diretos e indiretos consequentes apenas da implantação da referida área de ILPF no país, tornado isoladamente, sem interferências ou sinergias com outras políticas, programas ou alterações conjunturais na economia.

O modelo econômico construído para essa análise considera as relações de compras e vendas de bens e serviços entre agricultores, empresas e consumidores de diferentes regiões brasileiras. Esse tipo de modelagem expressa em equações matemáticas as possíveis escolhas dos agentes econômicos (trabalhadores, empresários e consumidores) diante de diferentes opções, considerando que o objetivo desses agentes é alcançar o melhor resultado econômico possível², seja através do consumo ou da produção de bens e serviços, considerando as limitações a que estão sujeitos, como a renda disponível para gastar, os preços dos bens e serviços, as tecnologias existentes, entre outras. O modelo construído pertence à classe dos “modelos de equilíbrio geral computável”, que visam entender o funcionamento da economia de forma completa, considerando todos os fluxos de renda entre empresas e consumidores. Esse tipo de modelo também considera que a soma dos fluxos monetários de compras e vendas deve ser consistente com o nível de atividade geral da economia, mensurado pelo Produto Interno Bruto (PIB).

A construção de modelos de equilíbrio geral computável segue a seguinte lógica: a) definição das dimensões do modelo, ou seja, dos setores, produtos, regiões e recursos que serão representados explicitamente; b) coleta e construção da base de dados de fluxos de compras e vendas na economia e de informações físicas, como áreas de cultivo, de pastagens e de vegetação natural; c) definição das equações que representam como os agentes econômicos se comportam nas

suas escolhas, considerando os preceitos e recomendações da teoria econômica e hipóteses sobre a consistência agregada de variáveis como PIB, emprego, investimento e consumo; d) teste do modelo, desenho de cenários e implementação de choques caracterizando os cenários desenhados. Cada uma dessas etapas será descrita adiante, considerando seus principais elementos e importância para a análise como um todo.

Dimensões do modelo

As dimensões do modelo de simulação econômica devem ser escolhidas de acordo com o objetivo do estudo que se quer realizar e da disponibilidade de dados. Independentemente das dimensões escolhidas, o modelo de equilíbrio geral computável deve ser capaz de abranger todos os setores produtivos e consumidores que compõem a economia da região que se quer representar. Contudo, agraga-se esses agentes e seus fluxos de compras e vendas em um número tangível, considerando características semelhantes e aqueles que são mais relevantes de acordo com o foco da pesquisa. Dessa forma, optou-se por representar os setores, regiões e recursos de produção descritos na Tabela 1 a seguir.

¹ Financiamentos a investimentos que contribuam para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias. Veja por exemplo: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>

² Esse “melhor resultado econômico possível” pode ser expresso, de forma simples e menos técnica, como a maior diferença positiva que se consegue obter entre benefícios e custos.

Tabela 1: Setores, regiões e recursos naturais representados no modelo

Regiões		Setores		Recursos	
Nome	Sigla	Nome	Sigla	Nome	Sigla
Sul	SUL	Minério de ferro	MIN	Capital	CAP
Sudeste	SDE	Carvão	COAL	Trabalho	LAB
Centro-Oeste	CEO	Extração mineral	NMM	Terra	LND
Norte	NOR	Carnes	MEAT	Terra de culturas	CROP
Nordeste	NDE	Óleo de soja	OSD	Pastagem	PAST
Nordeste Cerrado	NDEC	Ind. Alimentos	FOOD	Pastagem degradada	DPAS
Setores		Ind. Têxteis e madeira	TEX	Floresta natural	NFOR
		Refino do petróleo	ROIL	Floresta plantada	PFOR
		Etanol	ETH	Floresta manejada	MFOR
Arroz	RICE	Ind. Químicos	CHM	Áreas de proteção	PA
Milho	CORN	Ind. fertilizantes	FERT	Sem uso	UNU
Cana-de-açúcar	CANE	Ind. defensivos	DFN		
Soja	SOY	Ind. siderurgia e metal	MMI		
Fruticultura	FRIT	Ind. máquinas	MAC		
Outras culturas	OCUL	Outras indústrias	OIND		
Silvicultura	FRST	Eletricidade	ETRY		
Bovinos	CTTL	Gás encanado	PGAS		
Outros animais vivos	OLA	Água	WTR		
Suíños	SWIN	Serviços públicos	PSRV		
Aves	PTRY	Construção	CONS		
Leite	MILK	Serviços	SERV		
Petróleo	OIL	Transportes	TRNS		
Gás natural	GAS				

A Figura 1 ilustra a agregação das regiões brasileiras. A representação regional considera uma combinação de aspectos geográficos da produção agrícola e da economia do país, seguindo a agregação utilizada no modelo Brazilian Land Use Model – BLUM (Harfuch et al., 2017). Dessa forma, buscou-se considerar a separação entre os biomas Amazônia e Cerrado no estado do Mato Grosso, adotando-se a fronteira desses biomas como separador das regiões Norte e Centro-Oeste. Ainda, retirou-se o estado do Tocantins da representação da Região Norte, pela maior predominância de áreas de cerrado nesse estado. Nesse sentido, os

estados do Cerrado com expansão mais recente da fronteira agrícola na Região Nordeste, que abarcam Bahia, Maranhão e Piauí, foram considerados como uma região diferenciada do restante do Nordeste. Junto com o Tocantins, formam a região denominada de “Nordeste Cerrado”, e tem sido comumente chamada de Matopiba. Já as regiões Sudeste e Sul foram consideradas de acordo com as suas fronteiras políticas, uma vez que as áreas de vegetação natural remanescentes nessas regiões possuem pouca dinâmica de alteração.

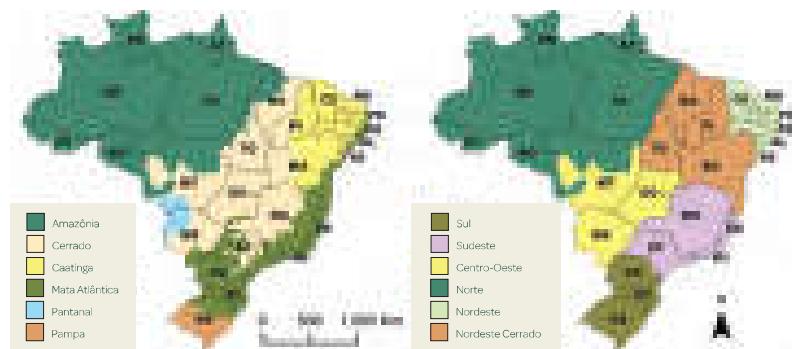


Figura 1. Biomas brasileiros (a) e regiões representadas no modelo (b).
Fonte: Modelo BLUM (Harfuch et al., 2017).

Tanto a representação setorial escolhida quanto a representação regional permitem considerar especificidades relevantes da agropecuária brasileira. Dessa forma, diferenciam o tipo e o local da produção das atividades agrícolas e pecuárias no espaço nacional, que por sua vez estão relacionados com condições climáticas, tecnológicas, de mercados, culturais e naturais. Essa escolha permite representar de forma mais fidedigna as características da agropecuária brasileira e suas possíveis alterações diante de políticas e choques econômicos.

Dados

A construção do modelo envolveu a combinação de diferentes bases de dados. Os fluxos econômicos de compras e vendas entre setores, consumidores e regiões teve como fonte inicial o Sistema de Contas Nacionais (SCN) do ano de 2009 que foi construído e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Esta-

tística (IBGE). A desagregação e organização dessa base de dados nas regiões e setores representados na Tabela 1 e na Figura 1, por sua vez, foi desenvolvida e fornecida pela equipe do NEREUS-USP³. Os dados dos diferentes recursos naturais e áreas de produção agropecuária foram elaborados a partir da combinação e ajuste de várias bases de dados diferentes, incluindo os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), da Pesquisa Agrícola Municipal – PAM (IBGE, 2016a) e da Pesquisa Pecuária Municipal-PPM (IBGE, 2016b). Informações sobre área dos estabelecimentos agropecuários, área arrendada e pagamentos por aluguel da terra foram advindas do Censo Agropecuário. Já a PAM e a PPM forneceram dados de área plantada e colhida para diferentes culturas, valor e volume de produção de culturas, rebanhos animais, valor da produção e volume produzido da pecuária. A área de pastagens, por sua vez, foi coletada junto ao Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) da Universidade Federal de Goiás⁴ (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2016). Fez-se um esforço de conciliar os dados de pastagens do LAPIG com os dados de rebanho do IBGE.⁵

Para definir as áreas de pastagens degradadas foi considerado o nível de 0,75 unidade animal como limite (Agricultura..., 2015, 2017), de forma que áreas com taxa de ocupação média igual ou menor do que este valor foram classificadas como áreas de pasto degradado⁶. Esse critério permitiu identificar 48 Mha de pastagens como degradadas, distribuídas nas regiões do modelo conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Áreas de pastagens (mil ha) e taxa de ocupação (UA/ha).

Regiões	Área de pastagem (1.000 ha)		Níveis de degradação		
	Total	Degradada	Taxa de ocupação	Muito alta $0 <= \text{to} <= 0,4$	Alta $0,4 < \text{to} < 0,75$
Sul	17.740	5.663	0,59	403	5.260
Sudeste	28.480	8.398	0,56	1.231	7.168
Centro-Oeste	37.743	1.232	0,65	10	1.222
Norte	34.325	1.834	0,54	461	1.373
Nordeste	14.259	14.259	0,38	6.586	4.731
Nordeste Cerrado	36.248	36.248	0,32	13.627	6.148
Total	168.794	168.794	0,51*	22.317	25.903

* Média das regiões

Fonte: Adaptado de IBGE (2016a, 2016b), Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2016).

As áreas de vegetação natural não florestal e as áreas de florestas foram desagregadas em diversas categorias, de forma a diferenciar áreas naturais dentro e fora das propriedades agrícolas, áreas protegidas, áreas manejadas e florestas plantadas. As áreas protegidas podem ser áreas públicas manejadas, ou áreas totalmente protegidas. Para tal desagregação, foram combinados e conciliados dados do LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2016), do Terra Class Cerrado (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016a), do Terra Class Amazônia (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016b; Almeida et al., 2016), do SOS Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2016), do Registro Nacional de Florestas Públicas do Serviço Florestal Brasileiro – SFB (Serviço Florestal Brasileiro, 2016) e da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores, 2016).

As áreas de florestas representadas no modelo foram assim classificadas e definidas:

- Florestas manejadas: florestas utilizadas de forma sustentável. São divididas em públicas e privadas. As áreas públicas foram consideradas como não passíveis de conversão no modelo, e somam 164 Mha no país⁷. Já as florestas mane-

³ <http://www.usp.br/nereus/>.

⁴ <https://www.lapiq.iesa.ufg.br/lapiq/>

⁵ O esforço de combinação e compatibilização de diferentes bases de dados é necessário diante da inexistência de uma base de dados oficial consolidada e amplamente aceita a respeito do uso da terra no país. Por vezes encontram-se inconsistências entre bases diferentes em nível municipal, o que exige do pesquisador a escolha por algum critério de conciliação, ou mesmo a preferência por uma das fontes, o que, por sua vez, pode gerar erros de estimativas, principalmente em relação à área de pastagens, ao nível dos municípios. O uso dos dados municipais agregados em grandes regiões no modelo, por outro lado, permite reduzir possíveis erros, uma vez que as informações regionalizadas do modelo são balizadas pelos totais encontrados nas bases de dados escolhidas.

⁶ O critério de definição de pastagens degradadas aqui utilizado é uma forma de inferir tais áreas usando como informação o baixo nível de produtividade das áreas. Uma limitação associada a esse critério é a própria medida de produtividade, que é pouco precisa. Critérios mais precisos consideram a produção animal medida em arrobas por ha, como adotado em Harfuch et al. (2017). Pretende-se testar critérios alternativos de definição de pastagens degradadas em futuros desenvolvimentos do modelo.

⁷ A pressuposição de que algumas áreas não são passíveis de conversão implica em menor disponibilidade de áreas a serem convertidas para agropecuária no modelo e, portanto, podem limitar a dinâmica de mudança de uso da terra projetada pelo mesmo. No presente estudo em que se pretende simular a implementação de 11,4 Mha de ILPF, a pressão para conversão de áreas naturais em áreas agropecuárias tende a reduzir por conta do aumento da produtividade de pastagens e de áreas de culturas; portanto, a hipótese de não conversão de áreas públicas não deve afetar os resultados associados a possível desmatamento ou remoção de áreas de vegetação natural. Futuros desenvolvimentos e aplicações do modelo devem considerar hipóteses alternativas quanto à limitação de conversão de áreas de florestas públicas manejadas.

jadas privadas, que cobrem 8 Mha, podem ser convertidas para outros usos.

- Florestas plantadas: áreas de florestas plantadas, na sua grande maioria, com espécies exóticas como Eucalipto e Pinus, em rotação curta e alta densidade, para fornecimento de madeira e matéria prima industrial.
- Pastagens naturais manejadas: concentram-se em regiões do bioma Cerrado, de acordo com o Registro Nacional de Florestas Públicas, somando uma área de 9 Mha. Não são consideradas passíveis de conversão em outra categoria no modelo, pela dificuldade de caracterização do seu tipo de vegetação e potencial de conversão⁸.
- Áreas protegidas: subdivididas em áreas públicas e privadas, sendo as áreas públicas aquelas que ocorrem fora das áreas dos estabelecimentos agropecuários. As áreas públicas representam 135 Mha, e as privadas 51 Mha. As áreas públicas protegidas localizam-se na sua maioria na região do bioma Amazônia (73%), sendo, também, que uma parcela importante (15%) está localizada no bioma Cerrado. As áreas protegidas privadas consideram aquelas previstas pelo Código Florestal como Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal. As áreas protegidas são consideradas indisponíveis para conversão no modelo, enquanto as áreas não protegidas são passíveis de conversão.
- Áreas naturais: demais áreas cobertas com vegetação natural, não categorizadas como alguma das anteriores e de difícil determinação da sua vegetação predominante. Na região Sul, por exemplo, predominam os campos naturais do bioma Pampa, enquanto no Centro-Oeste e Sudeste mesclam-se regiões de Cerrado com formações florestais degradadas, bem como o bioma Pantanal em parte do Centro-Oeste. No Nordeste essas áreas naturais abarcam a Caatinga, entre outras formações. O total dessas áreas no modelo soma 111 Mha, que são consideradas disponíveis para conversão em outros usos.
- Outras áreas: áreas não disponíveis para uso agropecuário ou crescimento de vegetação natural secundária, como cursos d'água, áreas inundadas⁹, áreas urbanas, com formações rochosas predominantes, costeiras, com elevado

⁸ Como destacado na nota de rodapé anterior, a pressuposição de que algumas áreas não são passíveis de conversão implica em menor disponibilidade de áreas a serem convertidas no modelo. Espera-se que a atualização constante da base de dados permita dirimir as incertezas sobre a caracterização dessas áreas e assim, aprimorar a capacidade do modelo de representar as categorias de uso da terra passíveis de conversão.

⁹ Áreas inundadas temporariamente não são consideradas para uso agropecuário.

nível de erosão e degradação, desertificadas ou salinizadas. A Tabela 3 sintetiza a distribuição das áreas de uso e ocupação do solo no modelo¹⁰.

Tabela 3: Distribuição das áreas no modelo (em mil ha).

Regiões	Culturas	Pastagens	Pastagens degrada-das	Áreas naturais	Florestas naturais	Florestas manejadas	Florestas plantadas	Outras categorias	Total
Sul	19.146	12.077	5.663	7.566	2.624	512	2.153	7.936	57.677
Sudeste	13.778	20.082	8.398	23.676	6.762	1.164	3.463	15.138	92.462
Centro-oeste	14.988	36.510	1.232	21.143	11.371	675	675	26.436	113.031
Norte	5.168	32.491	1.834	2.522	50.275	1.039	413	311.465	405.206
Nordeste	3.519	2.942	11.317	14.070	4.567	1.605	8	2.574	40.601
Nord. Cerr.	8.568	16.472	19.775	42.059	28.504	3.479	906	22.837	142.600
Total	65.166	120.575	48.220	111.035	104.103	8.472	7.619	386.387	851.577

Fonte: Adaptado de IBGE (2015), Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2016), Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (2016a, 2016b), SOS Mata Atlântica (2016), Serviço Florestal Brasileiro (2016), Indústria Brasileira de Árvores (2016).

Comportamento dos agentes econômicos no modelo

Modelos econômicos de equilíbrio geral computável representam as trocas de bens e serviços entre agentes econômicos, de acordo com hipóteses e parâmetros comumente testados e aceitos pela teoria econômica. Para tal, representam os diversos mercados existentes, pela caracterização matemática do comportamento de escolhas de compra e venda a partir de diferentes opções disponíveis e de acordo com os preços vigentes. De forma simples, isso significa que, para cada setor representado no modelo, assume-se que o conjunto de empresas daquele setor busca escolher seus insumos de produção, incluindo a contratação de mão de obra e o uso de máquinas e equipamentos, de forma a produzir uma quantidade de produto ao menor custo possível, o que equivale a dizer que a indústria busca maximizar seu lucro. Nessa escolha, a indústria leva em conta os preços dos diferentes insumos e a tecnologia de produção disponível, que define se, e em que grau, as empresas são capazes de substituir insumos, dos mais caros para os mais baratos. Esse tipo de comportamento (maximização de lucros), assegura

¹⁰ Considerando que ao longo do tempo é possível esperar alterações tanto nas áreas de uso agropecuário como nas áreas de vegetação natural, sejam protegidas, preservadas ou não, pretende-se revisar e atualizar periodicamente os dados de uso da terra no modelo.

a competição constante e a busca de eficiência entre empresas de um mesmo setor (na venda do bem produzido) e entre empresas de setores diferentes (na disputa pelo uso dos insumos de produção).

Já no caso dos consumidores, estes buscam atingir o maior nível de satisfação possível pela aquisição de bens e serviços (alimentos, vestuário, energia, transporte, moradia), dada a renda disponível para ser gasta e os preços dos diversos bens. Já a renda dos consumidores é composta dos retornos obtidos pela venda da sua força de trabalho para as empresas e da renda do aluguel ou do lucro do capital que possuem (máquinas, equipamentos, terras agropecuárias). A representação do comportamento dos consumidores com base nas premissas acima descritas assegura que haja uma constante busca pela melhoria nas condições de vida por parte dos consumidores, e que os mesmos percebam e mudam seu comportamento a partir de alterações nos preços dos produtos e serviços que desejam adquirir.

O funcionamento dos diferentes mercados de bens e serviços representados no modelo se dá pelas relações de oferta de bens e serviços, por parte das empresas, e de demanda pelos consumidores. Ainda, as famílias oferecem trabalho e capital, demandados pelas empresas. A interação entre estes agentes leva a um conjunto de equilíbrio em preços e quantidades sendo transacionados em cada mercado representativo do modelo. Um algoritmo matemático se encarrega de encontrar tal equilíbrio, levando em conta pressupostos e regras de otimização prescritas pelas teorias econômica e matemática.¹¹

A Figura 2 ilustra o funcionamento das relações econômicas dentro de uma região qualquer do modelo (Região “A” na figura), indicando o sentido dos fluxos de bens e serviços (linha preta cheia) e dos fluxos monetários envolvidos (linha pontilhada vermelha). Esses fluxos indicam a formação da renda dos consumidores (famílias) pela venda dos seus serviços de trabalho e capital, bem como o uso dessa renda na forma de despesas com bens e serviços. A figura ainda ilustra as relações de compras de insumos entre as diferentes indústrias, comumente chamada de consumo intermediário, bem como as relações econômicas com o

¹¹ No presente estudo utiliza-se o algoritmo *Modeling Programming System for General Equilibrium* (MPSGE), desenvolvido por Rutherford (1999). Esse algoritmo representa equações algébricas que caracterizam condições de lucro econômico “normal” (valor da produção se iguala à remuneração de todos os insumos e fatores produtivos, incluindo o retorno ao capital) para a produção, equilíbrio entre quantidade ofertada e demandada nos diversos mercados, e definição da renda para os consumidores a partir da remuneração dos fatores produtivos, na forma de um problema de complementaridade mista (*mixed complementary problem* – MCP, Rutherford, 1995).

governo, que recebe impostos e fornece bens públicos e subsídios. Por fim, a figura ainda representa a possibilidade de trocas de bens e serviços com outras regiões do modelo, chamada, na figura, de comércio inter-regional.

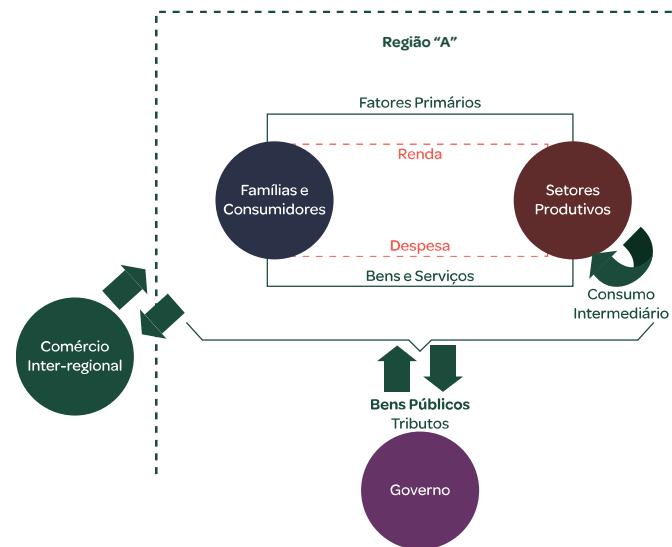


Figura 2. Esquema representativo do fluxo de renda do modelo.

A base de dados econômica utilizada na modelagem, advinda das matrizes de insumo-produto, representa o equilíbrio inicial das economias das diferentes regiões do modelo, uma vez que essas matrizes, por construção, consideram que os fluxos monetários estão todos equilibrados no que diz respeito à oferta e demanda de bens e serviços. Essa base de dados alimenta o conjunto de equações do modelo. Parâmetros que especificam o comportamento de escolha dos agentes, ou seja, a capacidade que os mesmos possuem de mudar sua escolha de bens ou insumos diante de mudanças em preços são importados da literatura científica ou assumidos de acordo com recomendações de outros estudos. Maiores detalhes sobre as equações e os dados que alimentam o modelo podem ser encontrados em Lima (2017).

Um último aspecto importante sobre o funcionamento do modelo diz respeito à representação dos diferentes usos da terra e as possíveis transições

e mudanças de um uso para outro. Essa representação é caracterizada para cada região do modelo, considerando o uso e distribuição inicial da terra entre as diferentes categorias, mostrada anteriormente na Tabela 3. Considera-se que um determinado uso da terra pode ser convertido em outro, de acordo com uma estrutura de decisão hierárquica lógica, que leva em conta o grau de dificuldade na conversão de um uso para outro. A Figura 3 representa um esquema simplificado dessa estrutura.

Nessa figura, a parte mais inferior representa o estoque de terras disponíveis inicialmente para algum tipo de uso econômico ou ambiental. Cada ramo da figura procura caracterizar as diferentes possibilidades de alocação da terra por um agricultor “médio”, ou representativo, da sociedade. Essa caracterização considera as substituições diretas possíveis entre grupos de uso da terra com maiores similaridades. Dessa forma, o ramo mais à direita e abaixo da figura caracteriza que áreas de vegetação natural e de florestas naturais são áreas prontamente disponíveis para conversão em outros usos, desde que não estejam na categoria de áreas naturais protegidas. O ramo logo acima deste agrupa florestas manejadas e florestas naturais em áreas privadas, indicando que estas possuem um grau de conversão diferente do ramo anterior. Após as áreas de florestas, a próxima decisão de alocação dos agricultores considera as pastagens, e logo em seguida, as florestas plantadas para fins comerciais. Acima desse ramo, encontra-se a decisão de alocação entre as diferentes culturas agrícolas. Essa estrutura indica que é mais fácil o agropecuarista trocar o uso da terra entre culturas vegetais, do que de culturas para florestas plantadas, e vice-versa. Por sua vez, a conversão de áreas naturais ou florestais entre pastagens e outros usos agrícolas (culturas e florestas plantadas), envolve um grau diferente de flexibilidade em relação ao anterior. Por outro lado, quando a decisão é de converter áreas de florestas em áreas com algum tipo de produção agropecuária ou de base florestal, a primeira decisão a ser tomada é entre ocupar a área com pastagens ou com produção vegetal/florestal. Essa hierarquia de decisão procura refletir o grau de dificuldade e uma sequência lógica hipotética de decisão de um agricultor representativo em cada região¹².

¹² A estrutura de mudança no uso da terra entre diferentes categorias aqui utilizada é apenas uma entre outras possíveis de serem adotadas e disponíveis na literatura científica sobre o tema, e exige a calibragem de parâmetros a partir de dados observados. Futuramente, pretende-se testar no modelo abordagens alternativas, como a de Ferreira Filho e Horridge (2015).

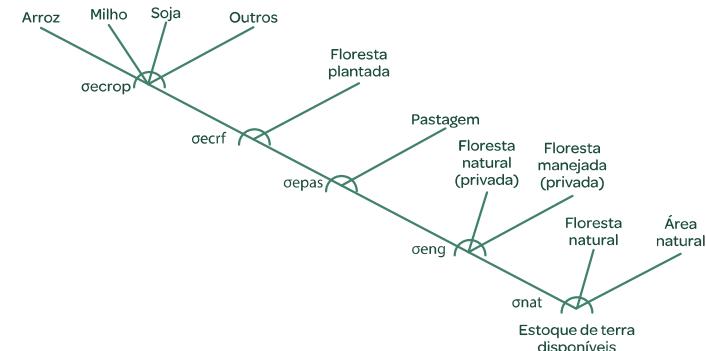
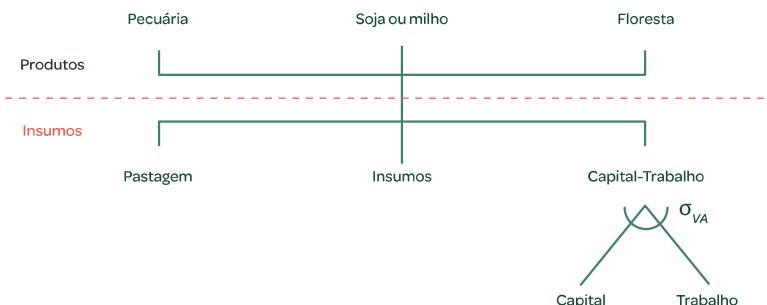


Figura 3. Esquema representativo da estrutura de alocação da terra no modelo.

Obs: Os σ na figura representam as elasticidades de transformação entre cada uso da terra. Por exemplo, σ_{crop} controla a substituição ou alocação do uso da terra entre as diversas culturas como arroz, milho, etc. Essa estrutura indica que o grau de substituição/transformação entre culturas vegetais e florestas plantadas tende a ser maior do que entre culturas vegetais e pastagens. Tem-se assim diferentes graus de flexibilidade na transformação da terra. As áreas de ILPF são alocadas no uso “pastagem” e por isso não aparecem explicitamente na figura.

Outro detalhe importante sobre a estrutura de modelagem de uso da terra é que, após a decisão de alocação entre os diferentes usos ter sido realizada, os diferentes tipos de uso da terra serão usados como insumo produtivo na agropecuária, no caso das terras de pastagens, de culturas ou de florestas plantadas e manejadas, seguindo a lógica descrita anteriormente sobre o comportamento dos setores produtivos, de minimização dos custos de produção. Se as áreas forem mantidas com vegetação natural, terão um valor de reserva ou de conservação para a sociedade. Os sistemas integrados de produção são considerados no modelo através de tecnologias específicas, representadas por funções matemáticas aninhadas, de elasticidade de substituição constante, que combinam quantidades de insumos produtivos (capital, trabalho, fertilizantes, sementes, e outros) e usam as áreas de pastagens de boa qualidade, e geram, através de funções de elasticidade de transformação constante, quantidades de grãos (soja ou milho), produto florestal primário e produto pecuário bovino. A Figura 4 apresenta essa estrutura através de um esquema comumente usado na literatura econômica de modelos de equilíbrio geral para representar funções de produção.

**Figura 4.** Esquema representativo dos sistemas integrados ILPF.

Na Figura 4, na parte superior ilustra os diferentes tipos de produtos gerados pela função de produção de sistemas integrados. São consideradas somente três tecnologias alternativas representativas de sistemas integrados no modelo em termos de produtos gerados: milho-pecuária, soja-pecuária, soja-pecuária-floresta. Portanto, sistemas integrados de milho-pecuária-floresta e os integrados de lavoura e floresta (ILF) não são considerados. Ademais, o produtor não possui flexibilidade para aumentar a produção de um dos produtos em detrimento ao outro, ou seja, a relação de produção entre grãos, pecuária e/ou floresta é de complementariedade. Já na parte inferior da Figura 4 representa-se os diferentes insumos e fatores produtivos utilizados e como estes são combinados. As linhas com ângulos perpendiculares significam que os insumos e fatores são complementares no processo produtivo, sendo sempre utilizados em proporções constantes. Esse é o caso das pastagens com os demais insumos e com uma cesta agregada de serviços de capital e trabalho. Já esses dois últimos são combinados sob uma elasticidade de substituição denominada de σ_{VA} , que permite capturar a capacidade do agropecuarista de ajustar a melhor combinação desses fatores de acordo com o preço relativo dos mesmos.

Por fim, considera-se que as pastagens degradadas podem ser transformadas em pastagens de boa qualidade, a partir de investimentos em melhorias, que envolvem a compra e uso de insumos, como fertilizantes, bem como gastos com trabalhos e capital (horas contratadas de mão de obra e horas de trabalho de máquinas e equipamentos). A Figura 5 ilustra como a recuperação de pastagens é considerada no modelo econômico.

**Figura 5.** Esquema representativo da recuperação de pastagens no modelo.

Para determinar os custos de produção e os requerimentos de insumos e fatores produtivos dos sistemas integrados e da recuperação de pastagens foram utilizadas informações de fontes diversas, como o Anualpec (2010) e o Senar (2013). Também foram utilizados os dados do Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (SICOR) do Banco Central (Banco Central do Brasil, 2017) a respeito dos desembolsos com recuperação de pastagens e sistemas integrados observados em 2015/2016 nas linhas do Programa ABC, bem como as respectivas áreas dos projetos contemplados com esse crédito. Isso permite auferir um valor médio de R\$/ha sendo gasto em cada região do modelo com essas tecnologias.

Implementação do modelo

O modelo representa o equilíbrio da economia brasileira para as regiões descritas anteriormente no ano base de 2009. Alterações no equilíbrio econômico inicial acontecem a partir de choques impostos no exercício de simulação de cenários. Por exemplo, pode-se simular uma mudança no nível de um imposto, ou a introdução de um novo imposto sobre determinada atividade. O novo imposto irá alterar o preço pago pelos consumidores e o valor recebido pelo produtor, o que provoca mudanças nas escolhas dos consumidores e produtores, desencadeando alterações em demanda e oferta nos mercados do bem em questão. Mudanças na quantidade transacionada deste bem, por sua vez, devem alterar o equilíbrio em todos os demais mercados de bens e serviços, já que os bens são utilizados no consumo das famílias e como insumos na produção de outros setores econômicos. Ainda, mudanças na quantidade ofertada do bem sujeito ao novo imposto alteram as necessidades de trabalho e capital para sua produção, impactando por sua vez a oferta e a demanda desses fatores e seus preços, afetando indiretamente, todos os demais mercados. O algoritmo matemático

de solução do modelo busca, então, um novo conjunto de preços e de quantidades de equilíbrio que consiga conciliar novamente as demandas e ofertas em todos os mercados de bens e serviços ao mesmo tempo, determinando assim um novo equilíbrio. Nesse novo equilíbrio as quantidades de alimentos e produtos agropecuários, bem como dos demais bens e serviços, devem ser diferentes do equilíbrio inicial, o que, por sua vez, implica em uma nova distribuição do uso da terra na economia.

Para implementar a adoção de ILPF simula-se o investimento necessário para tal, fomentado através de incentivos a essas tecnologias. Essa forma de representação é coerente com a lógica de aplicação do Programa ABC, que fornece crédito agrícola a taxa de juros inferiores às praticadas pelo mercado, para que haja a transformação tecnológica do modelo produtivo agropecuário na direção de técnicas de menores emissões de carbono (Brasil, 2012). Os incentivos são implementados no modelo na forma de subsídios aos custos de produção nos cenários de implementação dos sistemas ILPF, até que alcancem a meta determinada por região.¹³ Considera-se ainda que a adoção da ILPF é geralmente acompanhada da recuperação das pastagens no local em que a ILPF está sendo adotada. A adoção dessas práticas leva a mudanças na produtividade e na quantidade produzida de produtos da pecuária, de culturas e florestas, alterando a oferta desses produtos e o uso da terra. Por sua vez, essas mudanças levam a novos equilíbrios de oferta e demanda no modelo, que se irradia para todos os setores da economia. Quando um novo equilíbrio é encontrado, mensuram-se as mudanças nas variáveis de interesse, que no presente estudo, são as relacionadas ao uso da terra.

A próxima seção apresenta os resultados da adoção dos sistemas ILPF em 11,4 Mha, distribuídos regionalmente de acordo com os dados da Embrapa, ou seja: 4,53 Mha no Centro-Oeste; 0,62 Mha no Nordeste (litorâneo); 1,19 Mha no Nordeste Cerrado (que inclui o Tocantins); 0,53 Mha na região Norte; 2,04 Mha no Sul; e 2,55 Mha no Sudeste. Em todas as regiões a implementação dos sistemas integrados se dá sobre área equivalente de pastagens degradadas¹⁴.

¹³ A meta de área de adoção de sistemas integrados é uma variável exógena, enquanto o nível de subsídios é calculado endogenamente pelo modelo, até que se atinja a referida meta de adoção.

¹⁴ Apesar na Região Centro-Oeste considera-se a recuperação de áreas de pastagens em montante inferior ao de expansão dos sistemas ILPF, uma vez que na base de dados a área de pastagens degradadas é inferior à expansão dos sistemas ILPF observada naquela região.

Resultados

Os resultados de mudanças no uso da terra dos cenários simulados de adoção dos sistemas ILPF em 11,4 Mha, oriundos das interações entre os agentes econômicos, são apresentados nesta seção. A Figura 6 ilustra os resultados agregados para o Brasil. A expansão da área de sistemas integrados reduz a área de pastagens degradadas em cerca de 8 Mha no país, por conta da substituição direta desses pastos pelo cultivo em ILPF. Contudo, como os sistemas ILPF possuem produtividade um pouco maior que as áreas produtivas tradicionais em cultivo solteiro, a expansão desses sistemas permite uma redução das áreas de pastagens convencionais em 4,7Mha e de culturas em 6,7Mha, que passam a não ser mais necessárias para suprir as demandas da sociedade por grãos e carnes. Por outro lado, esse aumento na eficiência do uso das áreas produtivas diminui a pressão sobre as áreas de vegetação natural, sejam áreas localizadas em propriedades privadas, que podem expandir em 1,9 Mha no país, sejam áreas de florestas e de vegetação natural devolutas e sem destinação, que podem expandir em 6,5 Mha.



Figura 6. Mudanças no uso da terra no Brasil pela expansão de sistemas ILPF em 11,4 Mha.

É importante ressaltar que esses resultados indicam o impacto econômico sobre o uso da terra oriundo apenas da adoção dos sistemas integrados, sem contudo, considerar outras mudanças na economia que ocorreram em para-

lelo e independentes da adoção dessas práticas, como mudanças na demanda nacional e mundial por produtos agrícolas, alterações nas tendências de preços das *commodities*, crises, alterações em impostos, entre outras. Dessa forma, o resultado não é uma projeção dos efeitos de todos esses fenômenos ao mesmo tempo, mas sim, apenas do que a adoção dos sistemas ILPF tende a gerar de alocação do uso da terra na economia.

A Figura 7 mostra os impactos da adoção dos sistemas integrados nas diferentes regiões do modelo, com exceção da região Centro-Oeste. Pode-se constatar alguns padrões de mudanças comuns a todas as regiões representadas na Figura 7. As áreas de pastagens degradadas reduzem no mesmo montante das áreas de ILPF, enquanto as áreas de culturas se contraem, uma vez que parte considerável da produção de grãos agora é suprida nas áreas ocupadas com os sistemas integrados. As áreas de pastagens de boa qualidade, bem como as florestas em áreas privadas e as áreas de vegetação natural aumentam em todas as regiões, com exceção da região Norte, em que as áreas de vegetação natural e florestas privadas contraem ligeiramente. Nessa região, as pastagens de boa qualidade aumentam de forma mais pronunciada.

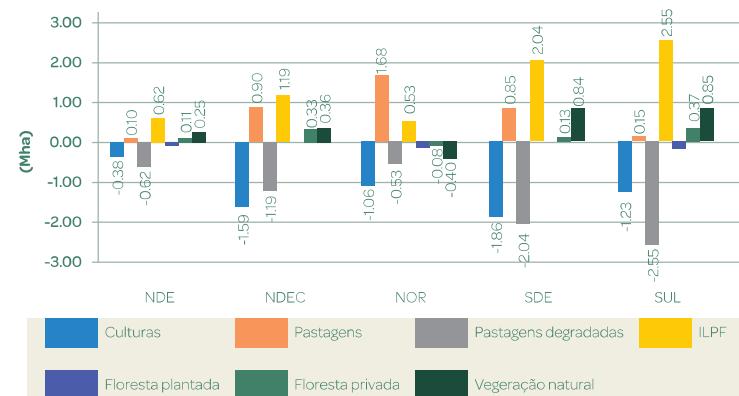


Figura 7. Mudanças no uso da terra nas regiões NDE, NDEC, NOR, SDE e SUL pela expansão de sistemas ILPF.

Os resultados para essas regiões é consequência do resultado obtido para a região COE, apresentado na Figura 8. Nessa região, como na base de dados do modelo o volume de áreas de pastagens degradadas (1,2 Mha) é bem inferior à expansão observada nas áreas de ILPF (4,5 Mha), a conversão de áreas de ILPF deve ocorrer em outras categorias de uso da terra. O modelo aloca essa expansão principalmente sobre as áreas de pastagens de boa qualidade (que são de fato as áreas que o modelo considera como insumo para os sistemas integrados). Essa forte conversão de áreas de pecuária para ILPF explica a expansão de áreas de boas pastagens nas demais regiões. Nota-se, contudo, o padrão de crescimento nas áreas de florestas privadas e de vegetação natural no COE, similar ao ocorrido nas demais regiões.

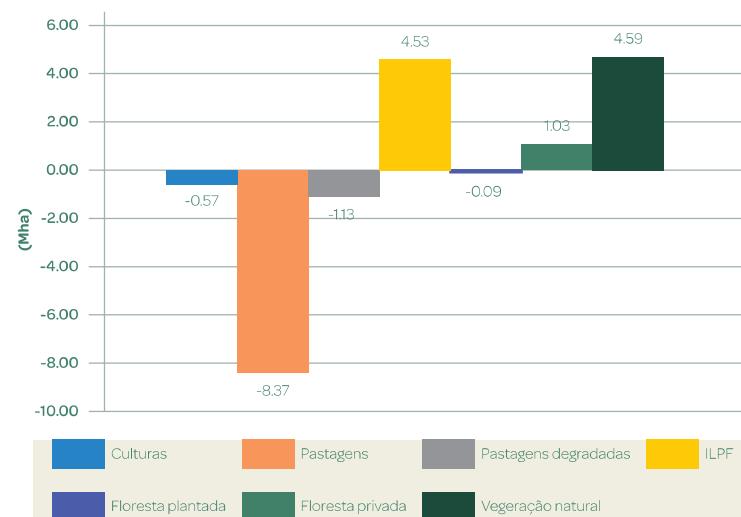


Figura 8. Mudanças no uso da terra na região COE pela expansão de sistemas ILPF.

Esses resultados em conjunto apontam que a adoção dos sistemas ILPF permite um aumento na produtividade da terra no Brasil, com consequente redução da pressão sobre as áreas de vegetação natural, que podem ser agora utilizadas para fins de preservação ambiental e cumprimento do código florestal.

Considerações finais

O presente capítulo contribui com uma análise quantitativa dos impactos econômicos de mudanças no uso da terra oriundos da expansão dos sistemas integrados ILPF no Brasil em 11,5 Mha. Para tal, utilizou-se um modelo computacional que representa a economia e a agropecuária brasileira. Os resultados indicam que a adoção dos sistemas ILPF, quando se dá sobre as áreas de pastagens degradadas, permite um aumento da produtividade da terra capaz de reduzir a necessidade de áreas de culturas solteiras e de pecuária tradicional, uma vez que o volume de produção de grãos e carnes é superior nas áreas de integração. Isso permite um benefício ambiental indireto, em termos de efeito “poupa-terra”, que, tanto reduz a pressão sobre a abertura de áreas de vegetação natural, quanto diminui o custo de oportunidade de cumprimento do Código Florestal. Este estudo sugere que um total de cerca de 8,4 Mha de áreas seriam liberadas para a recuperação de vegetação natural e de florestas em áreas privadas. Esse número é mais de dois terços do compromisso de recuperação de 12 Mha de vegetação previsto na NDC brasileira para o período de 2020 a 2030, firmado no Acordo do Clima da COP de Paris.

Vale ressaltar que importantes benefícios ambientais também estariam associados à adoção da área de ILPF, seja diretamente, pelo sequestro e acúmulo de carbono e aumento da eficiência ambiental do sistema, seja indiretamente, pelo carbono acumulado na vegetação natural e florestal que pode ser expandida, bem como pela melhoria do balanço hídrico, conservação da biodiversidade, entre outros.

Em termos regionais, a expansão dos sistemas ILPF tem sido mais intensa na região Centro-Oeste, e se dá em área superior às das pastagens degradadas da região. Isso significa que parte da expansão ocorre sobre áreas de pastagens de boa qualidade e sobre áreas de culturas solteiras. Os benefícios de redução de pressão sobre áreas naturais continuam existentes nesse caso, mas reduzem a especialização da região na produção pecuária, incentivando as demais regiões a expandirem suas áreas de pastos bons. Apenas a região Norte não possui ganhos de expansão das áreas de florestas e vegetação naturais, uma vez que torna-se mais competitiva na produção pecuária em pastos de boa qualidade. Esse resultado é o único que sinaliza para uma atenção mais cuidadosa, para evitar que a região tenha aumento de pressão sobre o desmatamento.

Os resultados aqui encontrados contribuem com uma primeira projeção dos impactos econômicos e ambientais de mudanças no uso da terra oriundos da expansão dos sistemas ILPF observada no país nos últimos anos. Como tal, revelam os potenciais benefícios desses sistemas da intensificação sustentável da produção com redução da pressão sobre os recursos naturais. Como tal, permitem concluir que a expansão dos sistemas integrados deve ser fomentada na agropecuária brasileira, com vistas a contribuir para a sustentabilidade do agro-negócio brasileiro e para a segurança alimentar futura da sociedade.

Finalmente, ressalta-se que o modelo aqui utilizado é uma ferramenta de projeção de cenários, construída com base na teoria econômica e na disponibilidade de dados. Como tal, muitos dos parâmetros utilizados, que demonstram como os consumidores e produtores reagem diante de mudanças no ambiente econômico, são estimados ou deduzidos com base nas observações da realidade. Ainda, modelos são simplificações da realidade, que assumem comportamentos racionais e acertados. Por essas razões, os resultados aqui encontrados são considerados como indicativos de direção e magnitudes relativas (ou comparativas) do que se espera observar no mundo real, sem contudo, serem considerados verdades absolutas ou previsões perfeitas. Portanto, futuros trabalhos devem buscar aprimorar e testar os parâmetros do modelo, reduzindo as incertezas em aspectos como: áreas de pastagens degradadas nas regiões brasileiras, custos de conversão e de tecnologias integradas, elasticidades da oferta e da demanda, entre outros.

Referências

Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma. [S.I.]: Observatório ABC, 2015. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/15353/Agricultura%20de%20baixa%20emissão%20de%20carbono%20A%20evolução%20de%20um%20novo%20paradigma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

Agricultura de baixa emissão de carbono: desafios e restrições dos produtores rurais na adoção de tecnologias de baixo carbono: estudo de caso em Alta Floresta, em Mato Grosso. [S.I.]: Observatório ABC, 2017. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Sumario_ABC_AltaFloresta_-1.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2017.

Almeida, C. A.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.

ANUALPEC. Anuário Estatístico da Pecuária. São Paulo: FNP, 2010.

AVALIAÇÃO da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil. [S.I.]: Rede de Fomento ILPF, 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro*: SICOR. 2017. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/sicor/novo_recor/tabelas_novo_recor.asp>. Acesso em: 9 set. 2017.

BOGAERTS, M.; CIRHIGIRI, L.; ROBINSON, I.; RODKIN, M.; COSTA JUNIOR, C.; NEWTON, P. Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, p. 1539-1550, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura*: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF, 2012. 173 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

Ferreira Filho, J. B. de S.; Horridge, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. *Land Use Policy*, v. 36, p. 595-604, 2014.

Harfuch, L.; Bachion, L. C.; Moreira, M. M. R.; Nassar, A. M.; Carriquiry, M. Empirical Findings from Agricultural Expansion and Land Use Change in Brazil. In: Khanna, M.; Zilberman, D. (Ed.). *Handbook of Bioenergy Economics and Policy*: volume II: modelling Land Use and Greenhouse Gas Implications. New York, Springer, 2017. p. 273-302.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. *Histórico de desempenho do setor*. 2016. Disponível em: <<http://iba.org/pt/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

IBGE. *Censo agropecuário 2006*: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/49/agro_2006_resultados_preliminares.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

IBGE. *Mapa de biomas e vegetação*. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtml>. Acesso em: 15 fev. 2017.

IBGE. Produção agrícola municipal : culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default.shtml>>. Acesso em: 8 out. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). *Projeto Terra Class Amazônia*. 2016a. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em: 19 fev. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). Projeto TerraClass Cerrado Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado. 2016b. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/>>. 18 fev. 2017.

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. *Lapig-maps*. Disponível em: <<http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>>. Acesso em: 22 fev. 2017

Lima, C. Z. *Impacts of low carbon agriculture in Brazil*: a CGE application. 2017. 113 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Moraes, A. de; Carvalho, P. C. de F.; Anghinoni, I.; Lustosa, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. de A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics.

European Journal of Agronomy, v. 57, p. 4-9, 2014.

RUTHERFORD, T. F. Extensions of GAMS for complementarity problems arising in applied economics. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 19, n. 8, p. 1299-1324, 1995.

RUTHERFORD, T. F. Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: an overview of the modeling framework and syntax. **Computational Economics**, v. 14, n. 1, p. 1-46, 1999.

SÁ, J. C. de M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. De F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102-112, 2017.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; COCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SILVA, J. G. da; RUVIARO, C. F.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. Livestock intensification as a climate policy: lessons from the Brazilian case. **Land Use Policy**, v. 62, p. 232-245, 2017.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SLVA, V. P. da; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 28, n. 1, p. 84-97, 2014.

SENAR. Projeto FIP-ABC: produção sustentável em áreas já convertidas para o uso agropecuário (com base no Plano ABC). Brasília, DF, 2013. 53 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro Nacional de Florestas Públicas**, 2016. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/cadastro-nacional-de-florestas-publicas>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata Atlântica**. 2016. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em 10 out. 2018.

YOHANNES, H. A review on relationship between climate change and agriculture. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 7, n. 2, article 335, 2015.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

