



IMPACTOS DA DIFUSÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA PRODUÇÃO DE SOJA: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS CENSOS AGROPECUÁRIOS 2006 E 2017

IMPACTS OF THE DIFFUSION OF AGROFORESTRY SYSTEMS ON SOYBEAN PRODUCTION: AN ANALYSIS BASED ON THE 2006 AND 2017 BRAZILIAN AGRICULTURAL CENSUSES

Autores

Gabriela dos Santos Eusébio (NEA/UNICAMP, gabeusebio@gmail.com)

André Steffens Moraes (EMBRAPA Soja, andre.moraes@embrapa.br)

Maria do Carmo Ramos Fasiaben (Embrapa Informática Agropecuária, maria.fasiaben@embrapa.br)

Alexandre Gori Maia (NEA/UNICAMP, gori@unicamp.br)

Grupo de Trabalho (GT4): Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

Os sistemas agroflorestais (SAF) têm provocado o interesse da pesquisa especialmente no que se refere a seus benefícios ambientais e produtivos, encontrando-se entre as recomendações de políticas públicas como o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Entretanto, avaliações do impacto agregado dos SAF na produção agropecuária do Brasil ainda são escassas. Este artigo avalia o impacto da difusão de sistemas agroflorestais na produção de soja e no valor bruto da produção da agropecuária nos municípios brasileiros. As análises são realizadas segundo diferentes indicadores baseados na produção, área de atividade agropecuária e valor da produção, além de serem considerados recortes referentes aos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa. A estratégia de análise baseia-se em modelos de dados em painel com estimadores de efeitos fixos, com o emprego de informações municipais dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 do IBGE. As estimativas para o Brasil apontam para um impacto positivo do aumento nas áreas dedicadas a SAF na quantidade total produzida de soja. Os impactos sobre a produção de soja e sobre o valor da produção municipal se mostraram diferenciados conforme os biomas considerados.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais, soja, produção, valor da produção, dados em painel

Abstract

Agroforestry systems (SAF) have aroused the interest of research, especially with regard to their environmental and productive benefits, being among the recommendations of public policies such as the ABC Plan (Low Carbon Agriculture). However, assessments of the aggregated impact of SAF on agricultural production in Brazil are still scarce. The article assesses the impact of the diffusion of agroforestry systems on soybean production and the gross value of agricultural production in Brazilian municipalities. The analyzes are carried out according to different indicators based on production, area of agricultural activity and production value, in addition to considering the biomes Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica and Pampa biomes. The analysis strategy is based on panel data models with fixed effect estimators, using municipal information from the 2006 and 2017 Brazilian Agricultural Censuses of IBGE. Estimates for Brazil point to a positive impact of the increase in areas dedicated to SAF in the soybean total amount produced. Both the impact on soybean production and the impact on the value of municipal production were differentiated according to the biome considered.

Key words: agroforestry systems, soybean, production, production value, panel data



1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm atraído crescente interesse nas políticas de desenvolvimento agrícola no Brasil. A integração de espécies arbóreas, cultivos agrícolas e pecuária se encontra entre as ações do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), com vistas à redução das emissões nacionais de gases de efeito estufa (BRASIL, 2012).

A integração contribui para recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de boas práticas agropecuárias, melhoria das condições sociais, adequação da unidade produtiva à legislação ambiental e valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas. Desde que adequadamente implementada, a integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais também teria o potencial de maximizar a produção agrícola conservando os recursos ambientais (Balbino et al., 2011; Nair, 1984). Entre os benefícios na produção agrícola também estaria o aumento da produtividade por área de cultivo (Cortner et al., 2019; Costa et al., 2018; Gasparini et al., 2017).

Este trabalho avalia o impacto da difusão de sistemas agroflorestais na produção de soja e no valor de produção da agropecuária dos municípios brasileiros. O estudo utiliza a base de informações municipais dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). A análise foi realizada em escala nacional – abrangendo todos os municípios brasileiros –, além de recortes referentes aos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Amazônia e Pampa. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar o impacto agregado dos SAF na produção de soja do Brasil e de biomas selecionados, ao invés de impactos isolados em produtores que adotam o sistema, oferecendo elementos importantes para o direcionamento de políticas da produção agropecuária sustentável no país.

As estimativas dos modelos aplicados indicam que o impacto do aumento da proporção da área de SAF na quantidade total produzida de soja foi positivo e significativo quando se analisa o agregado nacional, com resultados diferenciados, entretanto, entre os biomas. No que tange às estimativas em relação ao valor bruto da produção, observou-se que o aumento da proporção de áreas com SAF se mostrou negativo quando se analisa o agregado nacional, porém com diferentes comportamentos quando se analisam os impactos sobre os diversos biomas.

2. Revisão da literatura

O crescente interesse dos SAFs resultou em inúmeros estudos sobre seus benefícios ambientais, produtivos e econômicos, com destaque para os benefícios ambientais e produtivos. A melhoria da qualidade do solo é um dos benefícios ambientais mais citados da adoção dos SAFs, particularmente em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, podendo ser utilizado para a recuperação de áreas e de pastagens degradadas (Behling et al., 2013; Moraes, et al., 2014; Gasparini et al., 2017). Esses mesmos autores destacam os benefícios na geração de emprego e aumento da renda agrícola decorrentes da adoção dos SAFs. O uso de árvores nesses sistemas, além de uma fonte de renda importante que dá estabilidade à produção, desempenha papel fundamental na redução do desmatamento de áreas de florestas nativas e contribui para o sequestro de carbono (Assad, et al., 2020).

A literatura tem sugerido que os SAFs podem, potencialmente, reduzir os riscos e aumentar a renda em relação à agricultura convencional, mas que ainda faltam estudos detalhados sobre os impactos econômicos de longo prazo e sobre a eficiência desses sistemas, que poderiam otimizar os investimentos necessários para sua adoção e difusão (Dupraz et al., 2019; Mercer et al., 2014; Santos et al., 2020). Além disso, mesmo que os SAFs permitam maior retorno econômico, tais sistemas introduzem uma série de dificuldades ao produtor, como

custos iniciais elevados, maior complexidade do sistema e limitação dos mercados locais (Kurtz et al., 1996). E por serem sistemas de organização mais complexa, sua viabilidade está fortemente ligada às variáveis de gestão, ao planejamento e ao manejo do sistema (Cortner et al., 2019). Estudo de multicasos realizado no Estado de Mato Grosso revelou que as principais limitações para a adoção e difusão de SAFs estão associadas à dificuldade de captar recursos de financiamento e à falta de adequado planejamento e controle dos projetos de produção integrada. Há, portanto, necessidade de inovação em gestão, para superar os desafios gerenciais, e de políticas públicas mais efetivas, que auxiliem e facilitem a difusão de novos conhecimentos no ambiente das empresas rurais (Gasparini et al., 2017).

Na opinião de Balbino et al. (2011), os estudos econômicos focam em avaliações econômico-financeiras específicas, negligenciando aspectos importantes que influenciam a tomada de decisões pelos produtores. Entre esses aspectos os autores citam: situação socioeconômica dos produtores; necessidades de investimento; implicações na escala de produção para padrões de investimento, empréstimo, custo, receita e lucratividade; análise de barreiras à implementação do sistema; e avaliação de mitigação de risco de produção. E embora esses sistemas venham sendo propostos como solução tecnológica para critérios de sustentabilidade, é preciso avaliar as condições econômicas, pois tais sistemas serão adotados se existirem condições viáveis de retorno financeiro ao produtor.

A literatura também destaca uma série de outros condicionantes – climáticos, agrônômicos, tecnológicos e institucionais – para a adoção de SAFs. Uma vez que os SAFs são considerados como uma medida adaptativa à mudança climática, as variáveis climáticas influenciariam na sua adoção (Gnonlonfoun et al., 2019; Koch et al., 2019; Thamo et al., 2017). A disponibilidade de recursos hídricos e a qualidade do solo figurariam entre as condicionantes agrônômicas (Schembergue et al., 2017). O acesso à informação, assistência técnica, investimento em P&D, disponibilidade de capital e de mão de obra qualificada destacam-se entre as condicionantes tecnológicas (Cortner et al., 2019; Garret et al., 2017; Gil et al., 2016). A posse da terra e o acesso à crédito subsidiado caracterizariam os determinantes institucionais (Carrer et al., 2020). Apesar da importância de estudos experimentais no âmbito das fazendas, estudos do impacto agregado da difusão dos SAFs são fundamentais para abalzar políticas nacionais relacionadas ao setor agrícola. Analisando os efeitos da difusão de sistemas agroflorestais sobre a pecuária brasileira, estudos encontraram impactos positivos e relevantes na taxa de lotação de bovinos nacional, podendo, inclusive, estimular a substituição da pecuária por atividades que agregam maior valor à produção (Eusébio et al., 2020; Maia et al., 2020).

3. Material e métodos

3.1. Fontes de dados e variáveis

Para realizar as análises foram utilizados dados agregados dos Censos Agropecuários de 2006 e de 2017, realizados pelo IBGE. O censo agropecuário é a principal pesquisa agropecuária do país, abrangendo informações sobre a estrutura e produção, assim como sobre as características do produtor. O universo recenseado foi todo o território nacional, abrangendo 5563 municípios em 2017 e, em 2006, 5548 municípios (IBGE, 2019). De acordo com notas técnicas do censo agropecuário 2017, a unidade de investigação abrangeu todo estabelecimento agropecuário com produção dedicada, mesmo que parcialmente, à exploração agropecuária, florestal ou aquícola, independentemente de tamanho e forma jurídica. Em 2006, foram entrevistados 5.175.636 estabelecimentos e, em 2017, foram 5.068.445 estabelecimentos.

Em relação ao período de abrangência, o censo agropecuário 2006 se refere ao período entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de 2006, sendo esta última a data de referência. O censo agropecuário 2017 se refere ao período entre 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017

e a data de referência utilizada para as informações referentes a pessoal ocupado, estoques, efetivos de pecuária, lavouras permanentes e silvicultura, e outros dados estruturais, foi a de 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2019).

As análises foram realizadas a partir de dados agregados municipais para os anos de 2006 e 2017, e os dados dos estabelecimentos foram agregados em 5.548 municípios com as mesmas áreas territoriais nos dois anos. As variáveis relacionadas à valores de produção foram deflacionadas utilizando o Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA – IBGE), tendo como base os períodos de referência dos dois censos agropecuários (1º de julho de 2006 e 1º de abril de 2017). Essas diferenças nos períodos de captação das informações são controladas em nossos modelos por uma variável binária representando os anos das pesquisas.

A principal variável de interesse da análise corresponde a sistemas agroflorestais de produção (SAFs). No censo agropecuário, essa informação é encontrada no dicionário de variáveis como: áreas de matas (nativas ou plantadas) que também eram utilizadas para lavouras ou pastejo de animais (integração lavoura-floresta-pecuária). Segundo as notas técnicas do censo agropecuário 2017, essa questão refere-se “às áreas ocupadas com o sistema agroflorestral de produção, baseado em consórcios ou combinações de espécies florestais variadas (árvores ou palmáceas), produtivas ou não, com agricultura diversificada ou criação de animais, geralmente em modo intensivo e em escala reduzida.” (IBGE, 2019). Essa informação está disponível para números de estabelecimentos e para área dos estabelecimentos, e integra o conjunto de informações a respeito da distribuição da área total dos estabelecimentos.

Para a análise, a variável de interesse foi construída a partir da divisão do total da área de estabelecimentos com SAFs pelo total da área dos estabelecimentos em cada município. Entre 2006 e 2017, a proporção da área dos estabelecimentos com SAFs passou de 2,5% para 3,9% (Tabela 1).

Entre 2006 e 2017, o número de estabelecimentos com lavoura de soja passou de 217.015 para 236.132 estabelecimentos, enquanto que a produção de soja em toneladas mais do que dobrou, no mesmo período. Os estabelecimentos com lavoura de soja concentram-se nos biomas Mata Atlântica (79,2%), Cerrado (11,3%) e Pampa (7,3%). Em relação à quantidade produzida de soja, o bioma Cerrado concentra a maior parte da produção, cerca de 46% (em 2017), seguido pelo bioma Mata Atlântica (31,2%) e o Pampa (7,2%). Os valores municipais para os biomas são apresentados no anexo A.

A partir dessa informação, foram estimados modelos para quatro variáveis dependentes relacionadas ao cultivo de soja: o log da quantidade total de soja produzida no município (em toneladas), o log da quantidade total de soja dividido pela área total dos estabelecimentos do município (produção média de soja no município), o log da quantidade total de soja dividido pela área colhida de soja no município (produtividade da soja) e o log da quantidade total de soja dividido pelo número e estabelecimentos com soja, no município. Além das variáveis dependentes relacionadas à quantidade de soja, também foram estimados modelos com duas variáveis dependentes relacionadas à área colhida de soja: área colhida de soja, em hectares, dividido pela área total dos estabelecimentos e área colhida de soja dividida por área de pastagem. A primeira variável objetiva identificar uma possível associação entre a difusão de SAFs e a cultura de soja. A segunda variável pode demonstrar o efeito da difusão de SAFs na relação soja/pasto.

Os modelos para quantidade de soja e área colhida de soja incluem as seguintes variáveis de controle: grupos de área dos estabelecimentos (proporção de estabelecimentos de 0 a 5 hectares – referência da análise, de 5 a 100 hectares, de 100 a 2.500 hectares, de 2.500 hectares ou mais); acesso a equipamentos e tecnologias (proporção de estabelecimentos com trator, que usam defensivos agrícolas, e que utilizam irrigação); acesso ao crédito (proporção de



estabelecimentos que receberam financiamento no ano agrícola); acesso à informação (proporção de estabelecimentos que receberam assistência técnica, proporção de estabelecimentos com produtores associados ou cooperados); e capital humano (proporção de estabelecimentos cujo responsável tem até o ensino fundamental – referência da análise, ensino médio e ensino superior).

Tabela 1 – Valores municipais das variáveis de análise, 2006 e 2017.

| Variável | 2006 | 2017 |
|---|------------|-------------|
| Número de estabelecimentos | 5.175.636 | 5.068.445 |
| Área total municípios (milhão de hectares) | 333,68 | 350,25 |
| Número de estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 305.825 | 490.541 |
| Proporção de estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 5,9% | 9,7% |
| Área dos estabelecimentos com SAF (em milhão de ha) hectares) | 8,27 | 13,57 |
| Proporção da área dos estabelecimentos com SAF | 2,50% | 3,90% |
| Estabelecimentos com lavoura de soja em grão | 217.015 | 236.132 |
| Área colhida de soja em grãos (em milhão de hectares) | 17,7 | 30,3 |
| Quantidade de soja produzida em toneladas | 45.703.708 | 103.134.266 |
| Proporção estabelecimentos com trator | 10,20% | 14,50% |
| Proporção estabelecimentos que usam defensivos | 27,00% | 33,20% |
| Proporção estabelecimentos associados ou cooperados | 41,10% | 39,20% |
| Proporção de estabelecimentos recebem assistência técnica | 22,10% | 19,90% |
| Proporção estabelecimentos com irrigação | 6,40% | 9,90% |
| Proporção estabelecimentos com financiamento | 17,80% | 15,50% |
| Proporção estabelecimento financiamento - Governo | 15,10% | 8,20% |
| Proporção responsável - Alfabetização de jovens e adultos | 5,30% | 14,60% |
| Proporção responsável com Ensino Fundamental | 50,80% | 49,20% |
| Proporção responsável com Ensino Médio | 7,30% | 14,90% |
| Proporção responsável com Ensino Superior | 2,80% | 5,80% |
| Proporção responsável - Nunca frequentou escola | 33,70% | 15,40% |

Fonte: IBGE (SIDRA), Censo Agropecuário (2006), Censo Agropecuário (2017).

O trabalho também analisa o impacto dos SAFs no valor bruto da produção agropecuária (VBP). As variáveis dependentes referem-se ao log do VBP total (*proxy* para produção agregada nos municípios), log do VBP por estabelecimento (*proxy* para produção agregada nos estabelecimentos) e log do VBP por área total dos estabelecimentos (*proxy* para produtividade). Os modelos para valor bruto da produção agropecuária incluem como variáveis de controle, além das listadas acima, variáveis correspondentes à proporção da área total com cultivos agrícolas, que refletem a composição da atividade agrícola (razão¹ entre a área total dos estabelecimentos com cada cultivo agrícola – silvicultura, algodão, cana-de-açúcar, milho e soja – e a área total dos estabelecimentos no município).

¹ A variável corresponde a uma razão, uma vez que a área total colhida de algumas culturas, em hectares, pode ser superior à área total do estabelecimento devido a existência de mais de uma colheita anual.



3.2 Estratégia Empírica

A relação entre sistemas agroflorestais e produção agropecuária foi analisada a partir de modelos para dados em painel. As unidades de corte-transversal (i) são os 5,548 municípios e as unidades temporais (t) são os anos 2006 e 2018. O modelo pode ser genericamente representado por:

$$Y_{it} = \delta I_{it} + \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} + c_i + d_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que Y representa a variável resultado de interesse; I é a proporção da área dos estabelecimentos com sistemas agroflorestais; δ mede o impacto da variação da proporção da área com SAFs sobre Y ; o vetor \mathbf{x} contém as variáveis de controle; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de coeficientes associados às variáveis de controle; c é a heterogeneidade municipal não observada que é constante no tempo (aptidão agrícola do solo e acesso a mercados, por exemplo); d é a heterogeneidade temporal não observada que é constante entre os municípios (ciclos econômicos e política agrícola, por exemplo); e ε é o erro idiossincrático aleatório.

A heterogeneidade municipal c é controlada utilizando estimadores de efeitos fixos (Wooldridge, 2002). O uso de estimadores de efeitos fixos reforça as relações causais entre as variáveis, uma vez que as diferenças não observáveis entre os municípios que são constantes no tempo, são controladas (como a declividade do solo). Estimadores que indevidamente não controlam esses fatores seriam inconsistentes caso a heterogeneidade individual c esteja associada ao erro idiossincrático ε . Já a heterogeneidade temporal d , constante entre os municípios, é controlada por meio de uma variável binária (diferença nos períodos de referência nos censos 2006 e 2017) e visa obter estimativas consistentes dos parâmetros do modelo.

4. Resultados

4.1. Os impactos da difusão dos SAFs

Para avaliar o impacto de sistemas agroflorestais na produção de soja, foram estimados quatro modelos com variáveis dependentes diferentes, referentes à quantidade produzida de soja. O primeiro modelo visa captar o efeito da proporção de áreas com SAFs na quantidade total de soja produzida (modelo 1). O segundo modelo consiste no impacto sobre a produtividade média da produção de soja (quantidade produzida de soja por área colhida de soja). O terceiro modelo refere-se ao impacto na quantidade produzida de soja por área total dos estabelecimentos. Já o modelo quatro refere-se ao impacto dos SAFs na quantidade total de soja por estabelecimentos com soja. Foi aplicado o logaritmo nas variáveis dependentes em todos os quatro modelos. Os modelos também incluem controles referentes à capital humano e social (nível de escolaridade e se os produtores fazem parte de associações ou cooperativas), tecnologia, manejo do solo e produção (tratores, uso de irrigação, uso de defensivos agrícolas e acesso à assistência técnica), além de acesso à financiamento.

As estimativas da Tabela 2 indicam que o impacto do aumento da proporção da área de sistemas agroflorestais na quantidade total de soja foi positivo e significativo. O aumento em 1 ponto percentual (p.p.) na proporção da área de SAF, aumenta o logaritmo da quantidade total de soja em 2,15% ($p < 5\%$). As estimativas para o impacto do aumento da proporção da área de SAF nos demais modelos não se mostraram significativas. Esses resultados sugerem que o aumento nas áreas de sistemas agroflorestais tem efeito na produção total de soja (modelo 1), mas não na produção média (modelos 2 a 4).



Tabela 2. Estimativas de modelos para variáveis dependentes relacionadas à quantidade de soja, em logaritmo, Brasil – 2006 e 2017.

| Controles | Variáveis dependentes | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-----|---|-----|---|-----|--|-----|
| | Quantidade total produzida de soja | | Quantidade produzida soja/ Área colhida de soja | | Quantidade de produzida de soja/ Área total | | Quantidade produzida de soja/ Número estabelecimentos com soja | |
| proporção de área de estabelecimentos com SAF | 2,158 (1,087) | * | 0,068 (0,330) | | 1,571 (1,076) | | 0,898 (0,777) | |
| ano 2017 | 0,844 (0,083) | *** | 0,257 (0,024) | *** | 0,782 (0,082) | *** | 0,378 (0,059) | *** |
| proporção de área de estabelecimentos entre 5 e 100 ha | -0,144 (0,405) | | -0,174 (0,116) | | -0,484 (0,401) | | -0,228 (0,289) | |
| proporção de área de estabelec. entre 100 e 2500 ha | 0,694 (0,632) | | 0,334 (0,182) | | -0,353 (0,626) | | 2,008 (0,452) | *** |
| proporção de área de estabelecimentos maiores que 2500 ha | -3,026 (2,520) | | -1,311 (0,724) | | -7,150 (2,496) | ** | -1,494 (1,802) | |
| proporção de estabelecimentos com financiamento | -0,544 (0,270) | * | -0,387 (0,077) | *** | -0,481 (0,267) | | -0,756 (0,193) | *** |
| proporção de área irrigada | -0,144 (0,572) | | 0,392 (0,164) | * | -0,301 (0,567) | | -0,401 (0,409) | |
| proporção de estabelecimentos com tratores | -0,252 (0,360) | | 0,446 (0,103) | *** | 0,437 (0,356) | | 0,935 (0,257) | *** |
| proporção de estabelecimentos com uso de defensivos | 1,097 (0,270) | *** | -0,171 (0,077) | * | 0,943 (0,267) | *** | -0,457 (0,193) | * |
| proporção de estabelecimentos com assistência técnica | -0,163 (0,206) | | 0,192 (0,059) | ** | -0,125 (0,204) | | 0,159 (0,147) | |
| proporção de estabelecimentos associados | -0,054 (0,202) | | 0,035 (0,058) | | -0,063 (0,200) | | -0,160 (0,144) | |
| proporção de estabelecimentos por nível de escolaridade-médio | 0,824 (0,535) | | 0,081 (0,154) | | 0,920 (0,530) | | -0,056 (0,383) | |
| proporção de estabelecimentos por nível de escolaridade-superior | 0,202 (0,710) | | -0,150 (0,204) | | -0,029 (0,703) | | 0,8785 (0,507) | |
| Constante | 8,426 (0,296) | *** | 0,906 (0,085) | *** | -2,031 (0,294) | *** | 5,166 (0,212) | *** |
| R2 | 0,559 | | 0,603 | | 0,561 | | 0,423 | |
| F | 107,898 | | 128,992 | | 108,937 | | 62,514 | |

*** significância a 0,1%; **significância a 1%; * significância a 5%

Fonte: Resultados da pesquisa.



A Tabela 3 apresenta as estimativas dos modelos para variáveis dependentes referentes à área colhida de soja (área colhida de soja por área total dos estabelecimentos e área colhida de soja por área de pastagem). As estimativas para o impacto do aumento da proporção de áreas de SAF não se mostraram significativas para os dois modelos.

Tabela 3. Estimativas de modelo para as variáveis dependentes relacionadas a área colhida de soja, Brasil – 2006 e 2017.

| Controles | Variáveis dependentes | |
|--|----------------------------------|--|
| | Área colhida de soja/ Área Total | Área colhida de soja/ Área de pastagem |
| Proporção de área de estabelecimentos com sistema agroflorestal | -0,016 | 0,081 |
| | -0,017 | -0,405 |
| Ano 2017 | 0,006 | 0,088 |
| | -0,003 | -0,081 |
| Proporção de área de estabelecimentos entre 5 e 100 ha | -0,042 | -1,115 |
| | (0,016) | -0,395 |
| Proporção de área de estabelecimentos entre 100 e 2500 ha | -0,125 | 0,368 |
| | -0,034 | -0,826 |
| Proporção de área de estabelecimentos maiores que 2500 ha | 0,079 | 23,067 |
| | -0,195 | -4,766 |
| Proporção de estabelecimentos com financiamento | 0,003 | 1,496 |
| | -0,018 | -0,429 |
| Proporção de área irrigada | -0,00006 | -0,0003 |
| | -0,0004 | -0,01 |
| Proporção de estabelecimentos com tratores | 0,169 | 4,282 |
| | -0,021 | -0,496 |
| Proporção de estabelecimentos com uso de defensivos | 0,004 | -0,387 |
| | -0,012 | -0,284 |
| Proporção de estabelecimentos com assistência técnica | 0,002 | -0,272 |
| | -0,011 | -0,261 |
| Proporção de estabelecimentos associados | -0,008 | -0,119 |
| | -0,01 | -0,238 |
| Proporção de estabelecimentos por nível de escolaridade-médio | 0,005 | -0,33 |
| | -0,03 | -0,73 |
| Proporção de estabelecimentos por nível de escolaridade-superior | 0,089 | -0,413 |
| | -0,036 | -0,853 |
| Constante | 0,058 | 0,305 |
| | -0,011 | -0,262 |
| R2 | 0,055 | 0,044 |
| F | 20,193 | 16,062 |

Fonte: Resultados da pesquisa. *** significância a 0,1%; **significância a 1%; * significância a 5%.



4.2 Heterogeneidade dos impactos do SAF no VBP

O impacto da difusão dos SAFs pode depender, entre outros fatores, do tipo de atividade agrícola praticada em conjunto com o cultivo de soja e ou também das características dos sistemas produtivos regionais. Para considerar esses possíveis efeitos da heterogeneidade dos resultados foram analisados: i) diferenças nos impactos do SAF segundo principais tipos de cultivos agrícolas nos municípios, ii) diferenças nos impactos do SAF segundo biomas.

Para avaliar os impactos diferenciados da difusão de SAF no valor bruto da produção dos estabelecimentos segundo o tipo de cultura praticado, foram incluídas interações entre duas variáveis: a proporção de área com SAF e a razão entre áreas de cultivos específicos (silvicultura, algodão, milho e soja) no município (Tabela 4). Vale ressaltar que foram consideradas como áreas de silvicultura, aquelas referentes ao cultivo de pinheiro americano (pínus) e eucalipto. Essas interações captam retornos marginais distintos dos sistemas agroflorestais em função dos sistemas agrícolas adotados em cada região.

Tabela 4 – Estimativas de modelos para as variáveis dependentes relacionadas ao valor da produção e interação entre SAF e cultivos específicos, 2006 e 2017.

| Variável | log VBP | | log VBP / área | | log VBP/ estab. | |
|--|------------|-----|----------------|-----|-----------------|-----|
| Proporção de área SAF (I) | -0,601 | *** | -0,519 | ** | -0,488 | ** |
| | (0,178) | | (0,180) | | (0,177) | |
| Razão área silvicultura (X ₁) | -0,016 | | -0,005 | | -0,006 | |
| | (0,035) | | (0,035) | | (0,035) | |
| Razão área algodão (X ₂) | -2,222 | | -1,329 | | -3,022 | |
| | (2,609) | | (2,639) | | (2,585) | |
| Razão área cana-de-açúcar (X ₃) | 0,549 | *** | 0,354 | ** | 0,687 | *** |
| | (0,133) | | (0,135) | | (0,132) | |
| Razão área milho (X ₄) | 0,899 | *** | 1,024 | *** | 0,962 | *** |
| | (0,132) | | (0,133) | | (0,131) | |
| Razão área soja (X ₅) | 0,206 | | 0,196 | | 0,199 | |
| | (0,147) | | (0,149) | | (0,146) | |
| Interação SAF x silvicultura (I x X ₁) | 6,028 | | 3,250 | | 2,130 | |
| | (7,530) | | (7,618) | | (7,463) | |
| Interação SAF x algodão (I x X ₂) | 135,445 | | 90,977 | | 116,837 | |
| | (101,839) | | (103,024) | | (100,931) | |
| Interação SAF x cana-de-açúcar (I x X ₃) | -23,753 | ** | -12,458 | | -19,598 | * |
| | (8,685) | | (8,786) | | (8,608) | |
| Interação SAF x milho (I x X ₄) | 9,423 | ** | 8,837 | ** | 8,181 | * |
| | (3,272) | | (3,310) | | (3,243) | |
| Interação SAF x soja (I x X ₅) | 30,429 | *** | 25,642 | *** | 28,227 | *** |
| | (5,603) | | (5,668) | | (5,553) | |
| Variáveis de controle (X) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | |
| Efeitos fixos municípios (c) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | |
| Binária ano (d) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | |
| r ² | 0,732 | | 0,734 | | 0,749 | |
| F | 493,301 | | 496,084 | | 537,054 | |

Fonte: Censo Agropecuário, IBGE. *** para p<0,001; ** para p<0,01; * para p<0,05; + para p<0,10.

A variável de referência para analisar o impacto do SAF no valor bruto da produção é a proporção da área dos estabelecimentos com outras atividades, incluindo pastagens. O coeficiente associado à variável proporção de área com SAF (I) refere-se ao impacto da difusão do SAF nos municípios sem áreas com cultivos específicos analisados. Então, a estimativa do modelo para o log do valor da produção total indica que, caso não haja área com os cultivos específicos no município, a variação de 1 ponto percentual na área com SAF teria como resultado a diminuição do valor da produção em 0,60%.

Já os coeficientes associados às interações indicam variações no impacto da difusão do SAF em função das variações nas razões dos cultivos específicos. Em municípios com baixa difusão de SAFs, o VBP tende a ser maior naqueles com maior razão de cultivo de milho ou de cana-de-açúcar. Entretanto, entre os municípios com elevada difusão de SAF, o VBP tende a ser maior nos municípios com elevada razão de cultivo de milho e, sobretudo, soja. Por exemplo, a estimativa para o modelo de log do VBP indica que, para cada variação de 1 p.p. na razão de área com soja, o impacto do SAF no log do VBP aumentaria em 0,30 pontos percentuais ($30,429 \times 0,01$).

Os impactos do SAF podem variar em função de condições ambientais e práticas produtivas locais. Para avaliar esses impactos diferenciados, foram estimados modelos separados para cada bioma. Os biomas brasileiros representam áreas extensas (com dimensões normalmente superiores a um milhão de quilômetros quadrados) em que o clima, a fisionomia da vegetação, o solo e altitude são semelhantes ou aparentados.²

As estimativas para os modelos de cada bioma estão resumidas na Tabela 5. A difusão dos sistemas agroflorestais teve impactos positivos para os biomas Mata Atlântica e Pampa para o modelo do log da quantidade de soja total, ou seja, o aumento na proporção de áreas com SAF aumentaria a produção total de soja nos municípios pertencentes a esses biomas, indicando um maior aproveitamento da área agrícola cultivada com soja. As estimativas para o modelo do log da quantidade de soja por área total também demonstram um impacto positivo da difusão de sistemas agroflorestais, indicando que um aumento da proporção de áreas com SAF estimularia o aproveitamento da área agrícola para o cultivo de soja. A análise das estimativas para os modelos referentes ao valor da produção demonstra que o aumento da proporção de áreas com SAF se mostrou negativo para os biomas Cerrado e Pampa. Contudo, o aumento da difusão dos SAFs teve impacto positivo no log do valor da produção para o bioma Mata Atlântica.

Apesar do impacto da difusão de SAFs no valor bruto da produção ser negativo nos biomas Cerrado e Pampa, esse resultado varia quando é observada a interação entre as variáveis proporção de áreas com SAF e cultivos específicos (Anexo B). Para a análise foram estimados 3 modelos para a variável valor bruto da produção (log VBP – modelo 1, log VBP / área – modelo 2 e log VBP / estabelecimento – modelo 3) para cada bioma. As estimativas dos modelos evidenciam que para o bioma Amazônia, o impacto no VBP se mostrou positivo para a interação de SAF com: silvicultura (modelos 1 e 3) e algodão (modelos 1 e 2). Para o bioma Cerrado, o impacto no VBP se mostrou positivo para a interação do SAF com: silvicultura, milho e soja, para os três modelos. A interação SAF com soja também apresentou impacto no VBP para o bioma Mata Atlântica (modelo 1). Para o bioma Pampa, a interação que apresentou impacto positivo foi a interação SAF com silvicultura, nos três modelos. As estimativas são apresentadas no anexo B.

² Disponível em : <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em 15/12/2020.



Tabela 5 - Estimativas de modelos para todas as variáveis dependentes, segundo os biomas, 2006 e 2017.

| Variável | Amazônia | Cerrado | Mata Atlântica | Pampa |
|--|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| log quantidade de soja total | 8,911 (10,117) | -0,407 (1,560) | 3,014 (1,583) | + 12,010 (4,993) * |
| log quantidade de soja / estabelecimentos com soja | -3,323 (6,612) | 0,884 (1,212) | 0,666 (1,096) | 1,581 (2,952) |
| log quantidade de soja / área colhida de soja | -0,348 (1,351) | -0,085 (0,491) | 0,301 (0,489) | 0,828 (1,018) |
| log quantidade de soja / área total | 11,959 (9,639) | -1,123 (1,577) | 2,545 (1,547) | + 12,904 (4,894) * |
| área colhida de soja / área de pastagem | 0,202 (2,575) | 0,168 (0,694) | 0,488 (1,680) | -1,774 (3,437) |
| área colhida de soja / área total | -0,053 (0,043) | -0,031 (0,029) | -0,035 (0,073) | -0,133 (0,259) |
| log VBP | 1,108 (1,046) | -2,157 (0,627) *** | 1,602 (0,560) ** | -14,929 (4,855) ** |
| log VBP / área | 0,534 (1,065) | -2,284 (0,642) *** | 1,971 (0,579) *** | -13,256 (4,869) ** |
| log VBP / estabelecimento | 0,252 (0,915) | -2,150 (0,644) *** | 1,772 (0,562) ** | -12,383 (4,650) ** |

Fonte: Censo Agropecuário, IBGE. *** para $p < 0,001$; ** para $p < 0,01$; * para $p < 0,05$; + para $p < 0,10$.

Todos os modelos incluem variáveis de controle (X), efeitos fixos municipais (c) e binárias para ano (d).

5. Conclusão

As estimativas dos modelos indicam que o impacto do aumento da proporção da área de sistemas agroflorestais na quantidade total produzida de soja foi positivo e significativo quando se analisa o agregado nacional.

Em relação ao efeito nos diferentes biomas, encontrou-se que a difusão dos sistemas agroflorestais teve impactos positivos para os biomas Mata Atlântica e Pampa: o aumento na proporção de áreas com SAF aumentaria a produção total de soja nos municípios pertencentes a esses biomas, indicando um maior aproveitamento da área agrícola cultivada com soja. Já para os Biomas Cerrado e Amazônia os resultados não foram significativos.

No que tange às estimativas em relação ao valor bruto da produção, observou-se que o aumento da proporção de áreas com SAF se mostrou negativo quando se analisa o agregado nacional. Observaram-se, porém, impactos diferenciados sobre os biomas: o aumento da proporção de áreas com SAF se mostrou negativo para os biomas Cerrado e Pampa, enquanto teve impacto positivo no valor da produção para o bioma Mata Atlântica e sem significância para o bioma Amazônia.

Referências

ASSAD, E.D.; COSTA, L.C.; MARTINS, S.; CALMON, M.; FELTRAN-BARBIERI, R.; CAMPANILI, M.; NOBRE, C.A. Role of ABC Plan And Planaveg in the Adaptation of Brazilian Agriculture to Climate Change. April 2020. (Working Paper). 2020.

BALBINO L.C.; CORDEIRO L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA V.; DE MORAES A.; MARTÍNEZ G.B.; ALVARENGA R.C.; KICHEL A.N.; FONTANELI R.S.; DOS SANTOS H.P.; FRANCHINI J.C.; GALERANI P.R. (2011) Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.46, n.10. 2011.

BEHLING, M.; WRUCK, F.J.; ANTONIO, D.B.A.; MENEGUCI, J.L.P.; PEDREIRA, B.C.E.; CARNEVALLI, R.A.; CORDEIRO, L.A.M.; GIL, J.; FARIAS NETO, A.L. DE; DOMIT, L.A.; SILVA, J.F. V. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIAFLORESTA (ILPF), IN: GALHARDI JR, A., SIQUERI, F., CAJU, J., CAMACHO, S. (EDS.), Boletim de Pesquisa de Soja 2013/2014. Fundação MT, Rondonópolis, pp. 306–325. 2013.

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). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Brasília: MAPA/ACS, 173 p. 2012.

CARRER, M.J.; MAIA, A.G.; DE MELLO B. V. M.; DE SOUZA FILHO, H.M. Assessing the effectiveness of rural credit policy on the adoption of integrated crop-livestock systems in Brazil. **Land Use Policy** 92. 2020.

CORTNER, O.; GARRETT, R.; VALENTIM, J.F.; FERREIRA, J.; NILES, M.T.; REIS, J. GIL, J. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**. n. 82, 841–853. 2019.

COSTA, M.P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S. A.; VINÃS, R.S.; MEDEIROS, G.A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**. V 171, p1460-1471. 2018.

DUPRAZ, C.; GOSME, M.; LAWSON, G. Book of abstracts. 4th World Congress on Agroforestry. 4. World Congress on Agroforestry, Montpellier. 2019.

EUSÉBIO, G. dos S.; MAIA, A. G.; FASIABEN, M. do C. R.; MORAES, A. S. Os impactos da adoção de sistemas integrados de produção na agropecuária: uma análise a partir dos Censos Agropecuários 2006 e 2017. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 58., 2020, Foz do Iguaçu. Cooperativismo, inovação e sustentabilidade para o desenvolvimento rural. **Anais...** Foz do Iguaçu: SOBER, 2020. 17 p. SOBER, 2020.

GARRETT, R.; NILES, M.; GIL, J.; DY, P.; REIS, J.; VALENTIM, J. Policies for Reintegrating Crop and Livestock Systems: A Comparative Analysis. **Sustainability** 9, 473. 2017.

GASPARINI, L.V.L.; COSTA, T.S.; HUNGARO, O.A.L.; SZNITOWSKI, A.M.; VIEIRA FILHO, J.E.R. Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: Estudos

de casos no Mato Grosso. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2017.

GIL, J.D.B.; GARRETT, R.; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land use policy** 59, 557–568. 2016.

Gnonlonfoun, I.; Assogbadjo, A.E.; Gnganglè, C.P.; Glèlè Kakaï, R.L. New indicators of vulnerability and resilience of agroforestry systems to climate change in West Africa. **Agron. Sustain. Dev.** 39: 23. 2019.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 2006.

IBGE. Censo Agropecuário 2017 – Notas técnicas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: IBGE, p. 1-105. 2019.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 2017.

KOCH, N.; ZU ERMGASSEN, E.K.H.J.; WEHKAMP, J.; OLIVEIRA FILHO, F.J.B.; SCHWERHOFF, G. Agricultural Productivity and Forest Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon. **Am. J. Agric. Econ.**, 101:03. 2019.

KURTZ, W.B.; GARRETT, H.E.; SLUSHER, J.P.; OSBURN, D.B. Economics of Agroforestry. Columbia. 1996.

MAIA, A. G.; EUSÉBIO, G. dos S.; FASIABEN, M. do C. R.; MORAES, A. S.; ASSAD, E. D.; PUGLIERO, V. S. Os impactos econômicos da difusão de sistemas agroflorestais no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 48., 2020. **Anais...** [S.l.]: ANPEC, 2020. 20 p. Área 11 - Economia Agrícola e do Meio Ambiente.

MERCER, D.E.; FREY, G.E.; CUBBAGE, F.W. Economics of Agroforestry, in: In: Kant, S. and J.R.R. Alavalapati (Eds.). Handbook of Forest Resource Economics. Earthscan from Routledge. pp. 188–209. 2014.

MORAES, A.; 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. **Eur. J. Agron.** 57, 4–9. 2014.

NAIR, P.K.R. Tropical Agroforestry Systems and Practices, in: Furtado, J.I., Ruddle K. (Eds.), Tropical Resource Ecology and Development. John Wiley, Chichester, , pp. 1–12. 1984.

SANTOS, J.C; ALVES, R.M.; CHAVES, S.F.S. Desempenho econômico-financeiro de sistema agroflorestal na região de Tomé Açu, Pará. **Agrotrópica** 32(3): 197 - 206. 2020.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D.A. DA; CARLOS, S. DE M.; PIRES, M.V.,; FARIA, R.M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Rev. Econ. e Sociol. Rural** 55, 9–30. 2017.

THAMO, T.; ADDAI, D.; PANNELL, D.J.; ROBERTSON, M.J.; THOMAS, D.T.; YOUNG, J.M. Climate change impacts and farm-level adaptation: Economic analysis of a mixed cropping–livestock system. **Agric. Syst.** 150, 99–108. 2017.

Anexo A - Valores municipais para as variáveis de análise, para os biomas, 2006 e 2017

| Variável | Amazônia | | Cerrado | | Caatinga | |
|---|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 2006 | 2017 | 2006 | 2017 | 2006 | 2017 |
| Número de estabelecimentos | 610.789 | 674.998 | 812.050 | 818.198 | 1.667.400 | 1.605.019 |
| Área total municípios (milhão de hectares) | 73,9 | 86,3 | 122 | 128 | 41,6 | 36,6 |
| Estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 42.122 | 40.213 | 57.007 | 82.378 | 119.826 | 251.725 |
| Proporção de estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 6,9% | 6,0% | 7,02% | 10,07% | 7,19% | 15,68% |
| Área dos estabelecimentos com SAF (em milhão) | 1,32 | 1,42 | 2,74 | 4,00 | 3,00 | 6,25 |
| Proporção da área dos estabelecimentos com SAF | 1,8% | 1,7% | 2,25% | 3,13% | 7,20% | 17,07% |
| Estabelecimentos com lavoura de soja em grão | 1.814 | 4.666 | 14.883 | 26.828 | 147 | 55 |
| Área colhida de soja em grãos (em milhão) | 1,16 | 4,52 | 8,47 | 14,40 | 0,000717 | 0,000026 |
| Quantidade de soja produzida em toneladas | 3.300.169 | 14.964.352 | 23.035.581 | 48.095.797 | 1.415 | 21.805 |
| Área total de pastagem (milhão de hectares) | 33,90 | 40,00 | 62,40 | 59,00 | 17,2 | 14,1 |
| Proporção estabelecimentos com trator | 3,6% | 6,7% | 14,2% | 18,7% | 1,6% | 2,0% |
| Proporção estabelecimentos que usam defensivos | 1,3% | 23,8% | 17,7% | 27,3% | 21,1% | 24,4% |
| Proporção estabelecimentos associados ou cooperados | 38,0% | 32,1% | 36,7% | 35,4% | 42,1% | 42,9% |
| Proporção estabelecimentos recebem assistência técnica | 13,3% | 10,0% | 23,2% | 20,5% | 8,8% | 7,8% |
| Proporção estabelecimentos com irrigação | 2,5% | 5,7% | 6,1% | 8,1% | 6,3% | 10,6% |
| Proporção estabelecimentos com financiamento | 9,0% | 9,9% | 14,9% | 15,3% | 14,5% | 13,3% |
| Proporção estabelecimentos com financiamento - Governo | 7,2% | 3,6% | 11,9% | 7,3% | 12,2% | 6,0% |
| Proporção responsável - Alfabetização de jovens e adultos | 8,8% | 14,5% | 6,0% | 12,2% | 5,0% | 24,9% |
| Proporção responsável com ensino Fundamental | 55,1% | 50,0% | 49,1% | 46,4% | 34,0% | 38,3% |
| Proporção responsável com ensino Médio | 5,3% | 15,1% | 9,5% | 17,3% | 4,2% | 11,1% |
| Proporção responsável com ensino Superior | 1,1% | 4,0% | 4,9% | 10,0% | 0,9% | 2,3% |
| Proporção responsável - Nunca frequentou escola | 29,7% | 16,4% | 30,5% | 14,1% | 55,9% | 23,4% |

Fonte: IBGE (SIDRA), Censo Agropecuário (2006), Censo Agropecuário (2017).

Anexo A – Valores municipais para as variáveis de análise, para os biomas, 2006 e 2017 (cont.).

| Variável | Mata Atlântica | | Pampa | | Pantanal | |
|---|----------------|------------|-----------|-----------|----------|---------|
| | 2006 | 2017 | 2006 | 2017 | 2006 | 2017 |
| Número de estabelecimentos | 1.931.578 | 1.833.366 | 142.610 | 122.523 | 11.209 | 14.341 |
| Área total municípios (milhão de hectares) | 72,8 | 74,2 | 12,70 | 14,10 | 10,70 | 10,60 |
| Estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 80.106 | 102.279 | 5.893 | 12.958 | 871 | 988 |
| Proporção de estabelecimentos com Sistema agroflorestal | 4,15% | 5,58% | 4,13% | 10,58% | 7,77% | 6,89% |
| Área dos estabelecimentos com SAF (em milhão) | 1,04 | 1,33 | 0,12 | 0,20 | 0,06 | 0,35 |
| Proporção da área dos estabelecimentos com SAF | 1,42% | 1,79% | 0,94% | 1,41% | 0,51% | 3,31% |
| Estabelecimentos com lavoura de soja em grão | 187.784 | 187.162 | 12.355 | 17.355 | 32 | 66 |
| Área colhida de soja em grãos (em milhão) | 6,88 | 8,85 | 1,14 | 2,46 | 0,05 | 0,06 |
| Quantidade de soja produzida em toneladas | 16.734.929 | 32.192.752 | 2.515.416 | 7.474.104 | 116.198 | 180.425 |
| Área total de pastagem (milhão de hectares) | 31,5 | 30,1 | 7,52 | 7,55 | 7,49 | 7,26 |
| Proporção estabelecimentos com trator | 16,8% | 24,3% | 27,9% | 43,6% | 20,2% | 22,7% |
| Proporção estabelecimentos que usam defensivos | 39,8% | 46,2% | 39,5% | 46,1% | 7,7% | 19,5% |
| Proporção estabelecimentos associados ou cooperados | 41,6% | 39,6% | 60,7% | 51,5% | 28,5% | 24,3% |
| Proporção estabelecimentos recebem assistência técnica | 34,6% | 32,6% | 39,9% | 36,8% | 26,3% | 15,9% |
| Proporção estabelecimentos com irrigação | 7,7% | 11,7% | 9,1% | 9,2% | 3,4% | 5,4% |
| Proporção estabelecimentos com financiamento | 23,8% | 19,0% | 29,3% | 22,5% | 10,0% | 12,4% |
| Proporção estabelecimentos com financiamento - Governo | 20,7% | 12,1% | 24,3% | 12,0% | 7,0% | 5,4% |
| Proporção responsável - Alfabetização de jovens e adultos | 4,5% | 7,6% | 1,6% | 3,6% | 7,1% | 8,0% |
| Proporção responsável com ensino Fundamental | 62,8% | 58,4% | 74,7% | 67,4% | 58,5% | 45,7% |
| Proporção responsável com ensino Médio | 9,6% | 17,1% | 8,7% | 14,1% | 11,5% | 20,8% |
| Proporção responsável com ensino Superior | 3,9% | 7,4% | 5,6% | 9,9% | 6,0% | 14,1% |
| Proporção responsável - Nunca frequentou escola | 19,2% | 9,4% | 9,4% | 5,0% | 16,9% | 11,4% |

Fonte: IBGE (SIDRA), Censo Agropecuário (2006), Censo Agropecuário (2017).

Anexo B – Estimativas de modelos para variáveis dependentes relacionadas ao valor da produção e interação entre SAF e cultivos específicos, biomas, 2006 e 2017.

| Variável | Amazônia | | | Cerrado | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|-----|--|--|
| | log VBP | log VBP/área | log VBP/estabelecimento | log VBP | log VBP/área | log VBP / estabelecimento | | | | |
| Proporção de área SAF (I) | 1,108 (1,046) | 0,534 (1,065) | 0,252 (0,915) | -2,157 *** (0,627) | -2,284 (0,642) | *** | -2,150 (0,644) | *** | | |
| Razão área silvicultura (X ₁) | -9,834 (48,522) | 2,725 (49,394) | -2,819 (42,442) | 0,073 (0,516) | 0,252 (0,529) | | 0,142 (0,530) | | | |
| Razão área algodão (X ₂) | 6,576 (31,658) | 6,317 (32,226) | 9,010 (27,691) | 1,063 (2,999) | 2,003 (3,069) | | 1,830 (3,077) | | | |
| Razão área cana-de-açúcar (X ₃) | 8,718 (2,818) | ** 10,443 (2,868) | *** 8,775 (2,465) | *** 1,874 (0,275) | *** 1,536 (0,282) | *** | 1,991 (0,283) | *** | | |
| Razão área milho (X ₄) | 2,961 (2,082) | 6,527 (2,119) | ** 2,983 (1,821) | 1,749 (0,554) | ** 2,135 (0,567) | *** | 2,048 (0,568) | *** | | |
| Razão área soja (X ₅) | 6,115 (1,966) | ** 3,393 (2,001) | + 5,456 (1,720) | ** 3,833 (0,659) | *** 3,658 (0,675) | *** | 3,587 (0,676) | *** | | |
| Interação SAF x silvicultura (I x X ₁) | 15011,460 (6839,439) | * 8473,753 (6962,326) | 11348,864 (5982,389) | + 388,619 (140,393) | ** 247,100 (143,688) | + | 262,982 (144,025) | + | | |
| Interação SAF x algodão (I x X ₂) | 2468724,50 (1410717,800) | + 2669950,80 (1436064,600) | + 1841481,40 (1233940,600) | 113,01 (132,472) | 110,29 (135,582) | | 68,62 (135,900) | | | |

| | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----|
| Interação SAF x cana-de-açúcar (I x X ₃) | -121,928 (541,211) | -570,040 (550,935) | | -114,664 (473,392) | -30,424 (31,510) | -5,363 (32,250) | -25,612 (32,325) | |
| Interação SAF x milho (I x X ₄) | -9,768 (19,919) | -39,017 (20,277) | + | -19,417 (17,423) | 75,726 *** (19,023) | 87,014 *** (19,469) | 75,242 *** (19,515) | *** |
| Interação SAF x soja (I x X ₅) | -54,157 (58,830) | 13,346 (59,887) | | 8,296 (51,458) | 33,323 *** (9,730) | 25,397 * (9,959) | 34,663 *** (9,982) | *** |
| Variáveis de controle (X) | <i>sim</i> | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | |
| Efeitos fixos municípios (c) | <i>sim</i> | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | |
| Binária ano (d) | <i>sim</i> | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> | |
| r ² | 0,823 | 0,820 | | 0,847 | 0,801 | 0,787 | 0,795 | |
| F | 57,533 | 56,488 | | 68,289 | 144,262 | 132,159 | 138,712 | |

Fonte: Censo Agropecuário, IBGE. *** para p<0,001; ** para p<0,01; * para p<0,05; + para p<0,10.

Anexo B - Estimativas de modelos para variáveis dependentes relacionadas ao valor da produção e interação entre SAF e cultivos específicos, biomas 2006 e 2017 (cont.).

| Variável | Mata Atlântica | | | Pampa | | | |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----|
| | log VBP | log VBP/área | log VBP / estabelecimento | log VBP | log VBP/área | log VBP / estabelecimento | |
| Proporção de área SAF (I) | 1,602 (0,560) | ** 1,971 (0,579) | *** 1,772 (0,562) | ** -14,929 (4,855) | ** -13,256 (4,869) | ** -12,383 (4,650) | ** |
| Razão área silvicultura (X ₁) | -0,013 (0,035) | 0,001 (0,037) | -0,004 (0,036) | -3,059 (3,063) | -2,650 (3,072) | -3,273 (2,934) | |
| Razão área algodão (X ₂) | -3,157 (7,579) | -5,084 (7,830) | -7,145 (7,598) | - | - | - | |
| Razão área cana-de-açúcar (X ₃) | 0,118 (0,156) | -0,031 (0,161) | 0,249 (0,156) | 16,836 (35,612) | 12,155 (35,717) | -4,058 (34,109) | |
| Razão área milho (X ₄) | 0,756 (0,164) | *** 0,870 (0,169) | *** 0,829 (0,164) | *** -2,845 (4,334) | -3,063 (4,347) | -4,387 (4,152) | |
| Razão área soja (X ₅) | -0,187 (0,158) | -0,146 (0,163) | -0,160 (0,158) | -0,110 (1,090) | -0,367 (1,093) | 0,006 (1,044) | |
| Interação SAF x silvicultura (I x X ₁) | 5,053 (7,725) | 0,522 (7,981) | 1,400 (7,745) | 1081,292 (460,889) | * 994,016 (462,252) | * 1131,030 (441,435) | * |
| Interação SAF x algodão (I x X ₂) | -1573,40 (1432,576) | -1217,01 (1480,019) | -1681,56 (1436,240) | - | - | - | |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interação SAF x cana-de-açúcar (I x X ₃) | -24,049 (9,387) | * | -16,586 (9,698) | + | -21,014 (9,411) | * | 696,358 (1050,497) | 862,854 (1053,605) | 635,124 (1006,157) |
| Interação SAF x milho (I x X ₄) | -10,323 (6,918) | | -9,920 (7,147) | | -8,773 (6,935) | | 212,581 (190,071) | 184,242 (190,633) | 227,715 (182,048) |
| Interação SAF x soja (I x X ₅) | 13,928 (7,782) | + | 9,706 (8,040) | | 9,274 (7,802) | | 32,431 (29,591) | 28,365 (29,679) | 15,514 (28,342) |
| Variáveis de controle (X) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> |
| Efeitos fixos municípios (c) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> |
| Binária ano (d) | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | | <i>sim</i> | <i>sim</i> | <i>sim</i> |
| r ² | 0,757 | | 0,746 | | 0,773 | | 0,936 | 0,931 | 0,947 |
| F | 274,959 | | 258,502 | | 300,142 | | 56,179 | 52,584 | 68,990 |

Fonte: Censo Agropecuário, IBGE. *** para p<0,001; ** para p<0,01; * para p<0,05; + para p<0,10.