

Integração das atividades agropecuárias com a silvicultura: análise da lucratividade nos municípios brasileiros

Integration of agricultural activities with forestry: analysis of profitability in Brazilian municipalities

Amarildo de Paula Junior¹ , José Luiz Parré² 

¹Departamento de Economia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil. E-mail: amarildojunior.eco@gmail.com

²Programa de Pós-graduação em Economia, Departamento de Economia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil. E-mail: jlparre@uem.br

Como citar: Paula Junior, A., & Parré, J. L. (2025). Integração das atividades agropecuárias com a silvicultura: análise da lucratividade nos municípios brasileiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e283119. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.283119>

Resumo: Este estudo propõe analisar se a presença de silvicultura em estabelecimentos agropecuários de forma geral, de lavoura temporária e de pecuária eleva a lucratividade dessas respectivas atividades nos municípios brasileiros. Para isso, foram utilizados dados do Censo Agropecuário de 2017 para os 5.570 municípios do Brasil. A aplicação de modelos espaciais ajuda a capturar a questão da dependência espacial entre os dados, enquanto a utilização de modelos logísticos ajustados fornece robustez às relações encontradas entre as integrações produtivas e a lucratividade. Os resultados encontrados com a amostra irrestrita mostram que a presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários de forma geral e de pecuária eleva as suas respectivas lucratividades. Além disso, foram feitas regressões por regimes espaciais, em que se averiguou a manutenção da direção dos efeitos positivos e significativos em algumas regiões brasileiras. No caso do efeito da presença de silvicultura em estabelecimentos de lavoura temporária, não é significativo na amostra geral, mas é, em algumas regiões, significativo nas subamostras.

Palavras-chave: sustentabilidade, diversificação de cultivos, economia agrícola.

Abstract: This study aims to analyze whether the presence of forestry in agricultural establishments in general, temporary crops and livestock farming increases the profitability of these respective activities in Brazilian municipalities. For this purpose, data from the 2017 Agricultural Census for the 5,570 municipalities in Brazil were used. The application of spatial models helps to capture the issue of spatial dependence between the data, while the use of adjusted logistic models provides robustness to the relationships found between productive integrations and profitability. The results found with the unrestricted sample show that the presence of forestry in agricultural establishments in general and livestock farming increases their respective profitability. In addition, regressions were performed by spatial regimes, in which the maintenance of the direction of the positive and significant effects in some Brazilian regions was verified. In the case of the effect of the presence of forestry in temporary crop establishments, it is not significant in the general sample, but is, in some regions, significant in the subsamples.

Keywords: sustainability, crop diversification, agricultural economics.

1 INTRODUÇÃO

Diante do avanço de problemas climáticos, como a elevação da temperatura média global e alteração na precipitação em determinados locais, a atenção dos formuladores de políticas econômicas está progressivamente voltada para questões ambientais, como a redução da emissão de gases causadores de efeito estufa (GEE) (Fernandes & Finco, 2014). As mudanças climáticas influenciam a produtividade agrícola em todo o mundo, e caso não sejam adotadas medidas de controle de emissão de GEE, a queda na produtividade agrícola poderá ser muito maior nas próximas décadas (Cuadra et al., 2018). Variações positivas e imprevistas



no nível médio da temperatura tendem a influenciar de maneira negativa os lucros agrícolas (Zeilinger et al., 2021).

Como alicerce legal, o estabelecimento da Resolução 70/1 da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, fundamentando a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, foi um marco para políticas de sustentabilidade, uma vez que visa o enfrentamento de mudanças climáticas e a adaptação de suas possíveis causas. As metas 13.1 e 13.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) procuram reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países e integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Além da necessidade de redução de desmatamento, tornou-se importante o reflorestamento de áreas desmatadas ou até mesmo o avanço da arborização em áreas onde o manejo animal afetou o solo. Diante disso, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) se tornou uma alternativa que harmoniza as necessidades e os objetivos dos sistemas de produção, sendo essas ferramentas possíveis não somente na configuração agrossilvipastoril, mas também nas configurações silviagrícolas, silvipastoris e agropastoril (Vilela et al., 2012).

A ILPF é uma técnica que intensifica o uso do fator de produção “terra” e permite que haja a recuperação paulatina do solo a cada ciclo produtivo, contribuindo com a elevação da produtividade e gerando benefícios socioambientais (Cuadra et al., 2018). Além de benefícios ambientais, as integrações podem trazer consigo benefícios tecnológicos e econômicos, como versatilidade para sua aplicação em diferentes unidades de produção, eficiência na utilização de insumos, redução dos custos para a produção animal, elevação de renda dos estabelecimentos rurais e conciliação entre meio ambiente e atividade produtiva (Balbino et al., 2011).

Mesmo que possa haver divergência na definição técnica de sistemas agroflorestais e ILPF em algumas fontes¹ de dados disponibilizados, os dados do Censo Agropecuário fornecem informações sobre a presença de silvicultura em estabelecimentos agropecuários de forma geral, bem como os de lavoura temporária ou pecuarista. No Brasil, existem 299.698 estabelecimentos agropecuários, de forma geral, que incorporam algum tipo de integração com a silvicultura em suas atividades, ou seja, são estabelecimentos que podem estar em alguma das configurações silviagrícolas, silvipastoris ou agrossilvipastoris. Além disso, existe o indício de que a maioria desses estabelecimentos, em relação aos estabelecimentos totais, está concentrada na região Sul, onde 23,86% dos estabelecimentos agropecuários praticam algum tipo de integração com a silvicultura (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Diante da importância dessa ferramenta para um modelo de produção agropecuária baseado em sustentabilidade, é importante verificar empiricamente se a presença de silvicultura em estabelecimentos agropecuários aumenta a lucratividade dos produtores, uma vez que o nível de lucro advindo das integrações pode ser um determinante para adoção ou rejeição dos sistemas integrados da agropecuária com a silvicultura.

Portanto, esta pesquisa analisa se a presença de silvicultura em estabelecimentos agropecuários impacta positivamente a variável de lucratividade agropecuária geral ao nível municipal (em que se consideram todos os tipos de estabelecimentos agropecuários disponíveis no Censo Agropecuário). Além disso, busca-se verificar também se a silvicultura tem efeito positivo sobre a lucratividade de lavoura temporária e de pecuária. Ademais, são feitas regressões logísticas e por regimes espaciais para verificar a manutenção da robustez dos efeitos encontrados com a amostra irrestrita. Este estudo considera questões espaciais, ao nível municipal do Brasil, para o ano de 2017. Salienta-se que essa configuração de estudo, ponderando efeitos espaciais, foi pouco explorada pela literatura sobre o tema até então.

¹ Por exemplo, entre o Censo Agropecuário (IBGE) e a Rede ILPF a definição para sistemas integrados é diferente.

Este estudo está dividido em cinco seções. Além desta introdução, o segundo tópico aborda brevemente a relação entre as adaptações produtivas da agropecuária e a lucratividade agropecuária na literatura. A terceira seção trata da metodologia. A quarta subseção é responsável por apresentar o panorama atual das integrações produtivas com a silvicultura e das lucratividades agropecuárias, além disso, apresenta os resultados deste artigo, e por fim, a última seção aborda as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na literatura, há diferentes abordagens sobre a relação entre a lucratividade agropecuária e as integrações das atividades. Balbino et al. (2011) definiram ILPF como um método que abrange as atividades de origem vegetal e animal, ou seja, agricultura, pecuária e silvicultura, que visa a produção sustentável, mas que também tem o potencial de gerar benefícios sobre a produtividade e lucratividade do estabelecimento agropecuário que utiliza dessa estratégia. Além da possibilidade de benefícios financeiros, existem benefícios ambientais da adoção da ILPF, como as recuperações de áreas degradadas, conservações de recursos hídricos e redução da emissão de gases de efeito estufa.

Devido aos riscos inerentes à atividade, a diversificação de produção contribui para a elevação e segurança da renda gerada pela atividade. Os riscos podem ser gerados pelo mercado ou até mesmo na produção, como nos casos de pragas e de condições climáticas desfavoráveis (Cordeiro et al., 2015). Em um estudo no Reino Unido para a abordagem agroflorestal na produção de maçãs, Staton et al. (2022) reforçaram a importância da adoção desse sistema ao mostrar que, apesar do fluxo de caixa desse tipo de sistema poder ser negativo no período inicial da integração, os retornos se tornam elevados no comparativo com sistemas tradicionais de produção no longo prazo.

Para o Sudeste da Ásia, Paul et al. (2022) abordaram o sistema de integração entre lavoura e pecuária em arranjos produtivos familiares para avaliar o potencial de mitigação no *trade-off* entre os retornos econômicos e ambientais da atividade, em que se observou uma maior lucratividade em estabelecimentos rurais com maiores diversidades de produção do que em estabelecimentos mais especializados. Além disso, o sistema de integração entre as atividades agrícolas e pecuaristas forneceu arranjos sustentáveis na região de Mekong, reduzindo a compensação necessária no *trade-off* agroambiental.

No estudo de Cortner et al. (2019), analisou-se a compreensão de adotantes dos sistemas de integração em Mato Grosso, mediante questionários aplicados entre 2014 e 2018. Os resultados encontrados mostraram que a expectativa financeira dos produtores rurais se conecta diretamente à adoção das integrações, principalmente para os pecuaristas, uma vez que a atividade sojícola no estado é muito mais lucrativa do que a pecuária.

Além da limitação de recursos à integração, é possível que em alguns locais haja resistência para a execução das atividades integradas. No estado do Mato Grosso, diante do cenário favorável para o plantio de grãos, para que o produtor mude a estratégia produtiva e adote a integração entre lavoura e pecuária, é necessário cada vez mais que haja incentivos a esse tipo de produção com menor custo ao meio ambiente (Fernandes & Finco, 2014).

Segundo Alvarenga & Gontijo Neto (2012), a ferramenta de integração entre as atividades fornece um efeito benéfico sobre o fluxo de caixa, uma vez que a diversificação intrínseca desse processo fornece melhor aproveitamento de recursos financeiros e dos fatores de produção, porque a sazonalidade de produção é muito mais recorrente do que a sazonalidade de uma monocultura, por exemplo.

Reis et al. (2018) reforçaram o efeito benéfico sobre a mitigação de riscos de mercado gerada pela diversificação produtiva. Com dados sobre os preços das *commodities* agropecuárias no estado do Mato Grosso entre os anos de 2009 e 2017, os autores utilizaram o modelo de vetores autorregressivos (VAR) em conjunto com a análise do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) e verificaram que a integração de um sistema entre lavoura, pecuária e floresta em uma fazenda gerava maior retorno para cada real investido do que em uma fazenda somente pecuarista ou de lavoura. Os percentuais de retorno foram, respectivamente, 52%, 2% e 4%.

Se por um lado existem os benefícios da implementação das integrações, por outro, existem as barreiras. No caso das barreiras à adoção dos sistemas integrados, são chamados de fatores inibidores os elementos que restringem a entrada da silvicultura em estabelecimentos agropecuários. Um dos fatores inibidores é a falta de estrutura presente no estabelecimento, uma vez que a mudança na composição produtiva demanda ajustes, por exemplo, em armazenagem (Souza Filho et al., 2011; Kichel et al., 2014).

Outro fator que atua como barreira à adoção de integrações nos sistemas produtivos, segundo Schembergue et al. (2017), é a falta de acesso à informação por parte dos produtores, pois a chegada de uma nova cultura em um estabelecimento já consolidado em outra cultura demanda esforços diferentes dos que vinham sendo adotados. Portanto, para que o produtor rural possa aproveitar o máximo possível dos retornos da introdução da silvicultura no seu estabelecimento agropecuário, são fundamentais os incentivos por parte do governo e de outras organizações para que se elevem o nível de acesso à informação, como a assistência técnica (Tomaz et al., 2017).

Conforme analisado nesta seção, na literatura existem alguns níveis de disseminação do tema, sobretudo na relação entre questões financeiras e ambientais das integrações. No entanto, é relevante corroborar essas questões com outras abordagens pouco exploradas até então, neste caso, a abordagem espacial ao nível municipal.

3 METODOLOGIA

Os dados utilizados neste estudo são do Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo IBGE. A utilização de dados censitários fornece a possibilidade de mitigação das defasagens de dados, uma vez que, principalmente em sistemas que envolvem silvicultura, o planejamento de produção envolve vários anos. O Quadro 1 apresenta as variáveis dependentes e explicativas utilizadas neste estudo, elas estão em níveis municipais e representam alguns fatores de lucratividade², variáveis de interesse e de controle.

Quadro 1 – Apresentação das variáveis

Painel A - Variáveis dependentes	
Variável	Definição
Y_{A1}	Logaritmo da lucratividade da atividade agropecuária geral do município i dividido por 100.
Y_{A2}	Qualitativa: valor 1 se o município i possui lucratividade agropecuária acima da média e 0 caso contrário.
Y_{LT1}	Logaritmo da lucratividade da atividade de lavoura temporária do município i dividido por 100.

² Lucratividade: Diferença entre o valor recebido e o valor de despesas dos estabelecimentos do município i .

Quadro 1 – Continuação...

Painel A - Variáveis dependentes	
Variável	Definição
Y_{LT2}	Qualitativa: valor 1 se o município i possui lucratividade de lavoura temporária acima da média e 0 caso contrário.
Y_{Pec1}	Logaritmo da lucratividade da atividade de pecuária do município i dividido por 100.
Y_{Pec2}	Qualitativa: valor 1 se o município i possui lucratividade da pecuária acima da média e 0 caso contrário.
Painel B - Variáveis explicativas	
Variável	Definição
EAS	Razão entre o número de estabelecimentos agropecuários no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
$ELTS$	Razão entre o número de estabelecimentos de lavoura temporária no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
$EPECS$	Razão entre o número de estabelecimentos de pecuária no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
AT_A	Razão entre o número de estabelecimentos agropecuários gerais que possuem assistência técnica e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
AT_{LT}	Razão entre o número de estabelecimentos de lavoura temporária que possuem assistência técnica e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
AT_{PEC}	Razão entre o número de estabelecimentos de pecuária que possuem assistência técnica e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
MEC	Número de máquinas e equipamentos por estabelecimento agropecuário no município.
MO_A	Razão entre o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos agropecuários gerais e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
MO_{LT}	Razão entre o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos de lavoura temporária e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
MO_{PEC}	Razão entre o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos de pecuária e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.
$ESPP$	Razão entre o número de produtores principais dos estabelecimentos agropecuários gerais que possuem ensino superior e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário.

As variáveis de interesse referem-se aos estabelecimentos que praticam a integração com a silvicultura nos estabelecimentos gerais, de lavoura temporária³ e de pecuária, todos em relação ao número total de estabelecimentos no município i . Enquanto as variáveis de controle⁴ são referentes à assistência técnica, mecanização, escolaridade do produtor principal e mão de obra. Destaca-se que, por questão de disponibilidade de dados, apenas assistência técnica e mão de obra estão desagregadas por atividade dentre as variáveis de controle.

Uma das abordagens metodológicas deste estudo é a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), em que é possível verificar em quais locais existem aglomerações entre diferentes variáveis.

³ A escolha da cultura temporária deve-se à sua disseminação abrangente em diversas áreas do Brasil.

⁴ Por serem apenas para cumprir o objetivo de controle, seus coeficientes são omitidos nos resultados.

Para a realização da AEDE é necessária a escolha da matriz de ponderação espacial que leva em consideração a quantidade de vizinhos do município analisado. A determinação da matriz de ponderação espacial é feita a partir do maior valor significativo da estatística I de Moran.

Segundo Almeida (2012), a estatística I de Moran é escrita da seguinte forma:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (1)$$

em que n é o número de municípios presentes na amostra, z são os valores da variável analisada, Wz são os valores da variável com uma ponderação feita pela matriz de peso e S_0 é o somatório dos elementos da matriz de peso.

Neste estudo, também é feita uma análise bivariada do I de Moran global:

$$I_B = \frac{z_1'Wz_2}{z_1'z_1} \quad (2)$$

em que se consideram valores de duas variáveis distintas.

A análise global do I de Moran permite obter indícios de correlações entre as variáveis em questão, no entanto, não é capaz de captar efeitos locais. De acordo com Anselin (1995), os efeitos locais são considerados no *Local Indicators of Spatial Autocorrelation (LISA)*, que são obtidos entre duas variáveis da seguinte maneira:

$$I_{LB} = z_{1i}Wz_{2i} \quad (3)$$

No caso das regressões espaciais, primeiramente são realizadas regressões por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) levando em consideração a matriz de pesos espaciais. Após isso, observam-se os valores dos testes de Multiplicador de Lagrange (LM), se forem significativos, é importante verificar qual valor é maior entre as estatísticas LM^{ρ} Robust e LM^{λ} Robust. Se o valor da estatística no LM^{ρ} Robust for maior que o valor da estatística no LM^{λ} Robust, opta-se por novas regressões feitas pelos modelos do tipo *Spatial Auto Regressive (SAR)*. Caso o contrário, as novas regressões são feitas pelos modelos do tipo *Spatial Error (SEM)* (Almeida, 2012).

O modelo *SAR* é definido da seguinte maneira:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

em que, ρ é o coeficiente da defasagem espacial da variável y , W_y é um vetor de defasagens para a variável dependente y , X são as variáveis independentes, β são os coeficientes das variáveis independentes e ε é o termo de erro.

O modelo *SEM* assume a seguinte forma:

$$y = X\beta + \mu \quad (5)$$

$$\mu = \lambda W_{\mu} + \varepsilon \quad (6)$$

em que, μ é o termo de erro com efeitos que não são modelados por informações não observadas, λ é o coeficiente do erro autorregressivo e W_{μ} é o erro defasado no espaço.

De acordo com Almeida (2012), é importante estimar um modelo espacial de Durbin (*SDM*) para captar efeitos de transbordamentos existentes nas variáveis explicativas, caso os testes de robustez indiquem que o grupo de modelos *SAR* seja mais apropriado que o grupo de modelos *SEM*. O modelo *SDM* é descrito como:

$$y = \rho_1 W_y + X\beta + \rho_2 WX_\tau + \varepsilon \quad (7)$$

em que, WX_τ representa um vetor de parâmetros $(k-1 \times 1)$ de defasagens no espaço para as variáveis explicativas.

Sendo assim, com base nas variáveis apresentadas no Quadro 1, os coeficientes são estimados nos seguintes modelos espaciais:

$$Y_{A1} = f(EAS, \rho, Z_A, EAS\ lag) \quad (8)$$

$$Z_A = \{AT_A, MEC, MO_A, ESPP, AT_A\ lag, MEC\ lag, MO_A\ lag, ESPP\ lag\} \quad (9)$$

$$Y_{LT1} = f(ELTS, \rho, Z_{LT}, ELTS\ lag) \quad (10)$$

$$Z_{LT} = \{AT_{LT}, MEC, MO_{LT}, ESPP, AT_{LT}\ lag, MEC\ lag, MO_{LT}\ lag, ESPP\ lag\} \quad (11)$$

$$Y_{PEC1} = f(EPECS, \rho, Z_{PEC}, EPECS\ lag) \quad (12)$$

$$Z_{PEC} = \{AT_{PEC}, MEC, MO_{PEC}, ESPP, \quad (13)$$

$$AT_{PEC}\ lag, MEC\ lag, MO_{PEC}\ lag, ESPP\ lag\} \quad (14)$$

em que, Z representa um conjunto de variáveis de controle. Destaca-se que os elementos explicativos com desfasagem espacial (*lag*) estão presentes apenas nos modelos do tipo *SDM*.

A partir de uma adaptação nas variáveis de lucratividade, são feitas regressões logísticas para verificar a robustez dos coeficientes e, por consequência, das relações encontradas entre as integrações e as lucratividades ao nível nacional. A adaptação é a atribuição do valor 1 para os municípios com lucratividade acima da média e 0 (zero) caso contrário. De acordo com Greene (2003), o *Logit Binomial* pode ser escrito como:

$$P(y_i = 1|X_i) = G(\beta_0 + \beta X) \quad (15)$$

em que $P(y_i = 1)$ representa a probabilidade de um município brasileiro ter a lucratividade da agropecuária geral, da lavoura temporária e da pecuária acima da média dado um conjunto de variáveis explicativas, X_i ; G refere-se à função de distribuição acumulada de uma variável aleatória logística e β representa o vetor de parâmetros das variáveis de interesse e das variáveis de controle.

Devido à sua característica não-linear, apenas as relações entre as variáveis explicativas e as variáveis dependentes são analisadas. Como não é apropriada a análise direta dos coeficientes, calculam-se as *odds ratio* para saber a real chance de tal evento ocorrer condicionado ao fator X , como:

$$odds\ ratio = \frac{P(y = 1|X)}{P(y = 0|X)} = \frac{\exp(X'\beta) / [1 + \exp(X'\beta)]}{1 / [1 + \exp(X'\beta)]} \quad (16)$$

em que, caso a *odds ratio* calculada for maior do que 1, a relação é positiva. No entanto, caso a *odds ratio* calculada for menor do que 1, a relação é negativa.

Diante disso, também se estimam os coeficientes das seguintes regressões logísticas para a agropecuária geral (Y_{A2}), lavoura temporária (Y_{LT2}) e pecuária (Y_{PEC2}):

$$Y_{A2} = f(EAS, Z_A) \quad (17)$$

$$Y_{LT2} = f(ELTS, Z_{LT}) \quad (18)$$

$$Y_{PEC2} = f(EPECS, Z_{PEC}) \quad (19)$$

em que, nesses casos, não se considera nos conjuntos Z_A , Z_{LT} , Z_{PEC} os elementos defasados espacialmente.

Em seguida à verificação dos sinais encontrados entre as integrações e as lucratividades ao nível nacional, é coerente verificar se há instabilidade estrutural na amostra utilizada. Para isso, deve ser realizado o teste de Chow em função dos erros da amostra irrestrita e dos erros das subamostras, neste caso, das cinco macrorregiões brasileiras. De acordo com Anselin (1990), a estatística segue uma distribuição F e pode ser verificada da seguinte maneira:

$$C = \frac{\left(\frac{e_R' e_R - e_{IR}' e_{IR}}{K} \right)}{\left(\frac{e_{IR}' e_{IR}}{N - 2K} \right)} \sim F_{K, N - 2K} \quad (20)$$

em que, e_R é um vetor com os erros das regressões restritas por subamostras, referentes a cada macrorregião brasileira, e_{IR} é um vetor de erros da regressão com a amostra geral, K é o número de variáveis explicativas e N é o número de municípios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Panorama atual das integrações produtivas e das lucratividades

A Tabela 1 apresenta as médias municipais das integrações da agropecuária geral, lavoura temporária e pecuária com a atividade de silvicultura. Observa-se que a região Nordeste possui os menores níveis de atividade da silvicultura em estabelecimentos agropecuários em relação ao total de estabelecimentos agropecuários nos municípios. A região Sul domina tanto as integrações entre lavoura temporária e silvicultura, quanto aquelas entre pecuária e silvicultura. Dentre os diversos determinantes dessa concentração na região Sul, está o fato de que a região está presente, em sua maior parte, no bioma de mata atlântica, onde predominam sistemas de integração baseados na sucessão de culturas de verão e pastagens de inverso (Balbino et al., 2012; Behling et al., 2013).

Ainda sobre a concentração das integrações dos estabelecimentos agropecuários com a silvicultura na região Sul, ela é reforçada pelo objetivo principal da silvicultura na região, em que cadeias produtivas são abastecidas pela atividade, com madeiras para serrarias e produção de celulose (Müller et al., 2021).

Verifica-se também que os municípios das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste possuem mais estabelecimentos pecuaristas com a silvicultura do que os de lavoura temporária com a silvicultura. Por outro lado, os municípios da região Sul apresentam uma dinâmica inversa, eles possuem mais estabelecimentos de lavoura temporária integrados com a silvicultura do que estabelecimentos pecuaristas em integração com a silvicultura.

Tabela 1 – Análise descritiva dos estabelecimentos que praticam integração com a silvicultura por município

Região	Variável	Obs.	Média	D.P.	Min.	Máx.
Norte	EAS	450	4,38	10,93	0	143
	ELTS	450	0,91	2,80	0	43
	EPECS	450	1,94	6,44	0	99
Nordeste	EAS	1.793	4,17	24,34	0	565
	ELTS	1.793	0,77	4,71	0	90
	EPECS	1.793	1,67	8,85	0	165
Sudeste	EAS	1.667	42,22	87,77	0	1468
	ELTS	1.667	4,87	15,51	0	302
	EPECS	1.667	17,34	38,69	0	687
Sul	EAS	1.193	179,65	262,75	0	3763
	ELTS	1.193	84,92	192,80	0	2883
	EPECS	1.193	57,83	69,67	0	626
Centro-Oeste	EAS	467	11,76	22,59	0	184
	ELTS	467	1,92	5,19	0	57
	EPECS	467	6,93	13,68	0	118
Brasil	EAS	5.570	53,79	147,95	0	3763
	ELTS	5.570	20,12	95,83	0	2883
	EPECS	5.570	18,85	44,57	0	687

Nota: EAS = Estabelecimentos agropecuários com silvicultura. ELTS = Estabelecimentos de lavoura temporária com silvicultura. EPECS = Estabelecimentos de pecuária com silvicultura.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

A Tabela 2 apresenta as lucratividades regionais médias auferidas pelos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, sendo ela estabelecida pelas receitas obtidas menos as despesas realizadas. Observa-se que a região Centro-Oeste possui as maiores médias de lucratividade nos três quesitos, enquanto a região Sudeste tem as menores médias de lucratividade agropecuária e de lavoura temporária. No caso da atividade pecuarista, a região Nordeste é a que apresenta a menor média.

Os municípios das regiões Norte, Nordeste e Sudeste seguem os mesmos padrões nacionais em relação às lucratividades médias das atividades de lavoura temporária e pecuária. Nesse caso, a atividade pecuarista apresenta maiores níveis de lucratividade média por município do que a atividade de lavoura temporária. No entanto, os municípios da região Sul e Centro-Oeste apresentam uma dinâmica diferente, em que a média de lucratividade da lavoura temporária é maior do que a média municipal de lucratividade da pecuária.

Tabela 2 – Análise descritiva da lucratividade das atividades agropecuárias (mil reais)

Região	Atividade	Obs.	Média	D.P.	Min.	Máx.	Amplit.
Norte	Agropecuária	450	35.442	112.740	-1.252.644	1.215.819	2.468.463
	Lav. Temp.	450	10.051	31.766	-215.776	315.985	531.761
	Pecuária	450	20.863	93.058	-1.265.702	1.203.080	2.468.782
Nordeste	Agropecuária	1.794	18.492	35.096	-380.710	705.438	1.086.148
	Lav. Temp.	1.794	5.585	29.124	-378.594	692.208	1.070.802
	Pecuária	1.794	9.533	12.992	-98.780	195.992	294.772
Sudeste	Agropecuária	1.668	15.750	96.445	-1.305.216	1.221.393	2.526.609
	Lav. Temp.	1.668	-917	66.713	-1.301.374	355.614	1.656.988
	Pecuária	1.668	9.733	43.674	-1.114.289	503.426	1.617.715

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Tabela 2 – Continuação...

Região	Atividade	Obs.	Média	D.P.	Min.	Máx.	Amplit.
Sul	Agropecuária	1.193	35.327	54.063	-375.662	557.083	932.745
	Lav. Temp.	1.193	15.899	36.891	-373.386	269.539	642.925
	Pecuária	1.193	12.311	23.510	-204.672	528.040	732.712
Centro-Oeste	Agropecuária	467	102.962	223.757	-693.143	3.112.710	3.805.853
	Lav. Temp.	467	52.069	140.018	-717.348	1.098.025	1.815.373
	Pecuária	467	48.645	169.807	-200.989	3.079.836	3.280.825
Brasil	Agropecuária	5.572	29.724	97.855	-1.305.216	3.112.710	4.417.926
	Lav. Temp.	5.572	10.104	61.765	-1.301.374	1.098.025	2.399.399
	Pecuária	5.572	14.381	63.008	-1.265.702	3.079.836	4.345.538

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

O domínio da região Sul nas integrações é reforçado pela Figura 1, a maior concentração de estabelecimentos agropecuários que produzem também algum tipo de produto da silvicultura em relação ao total de estabelecimentos agropecuários nos municípios ocorre nessa região, o que foi fundamentado anteriormente devido ao direcionamento do produto da silvicultura para serrarias e celulose na região. Há também alguns pontos de concentração nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, principalmente na integração de pecuária e silvicultura.

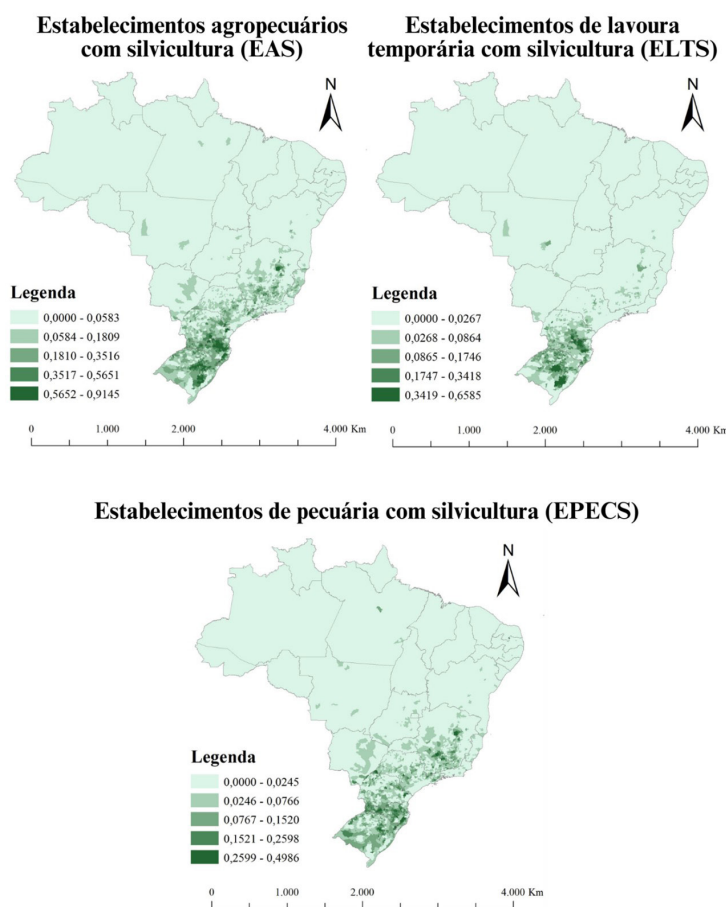


Figura 1 – Distribuição espacial dos estabelecimentos que praticam a integração com a silvicultura. Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

A Figura 2 apresenta as distribuições espaciais das lucratividades das atividades agropecuárias. Observa-se que há uma maior concentração no Centro-Oeste, além de haver concentrações significativas em algumas partes das regiões Norte e Sul.

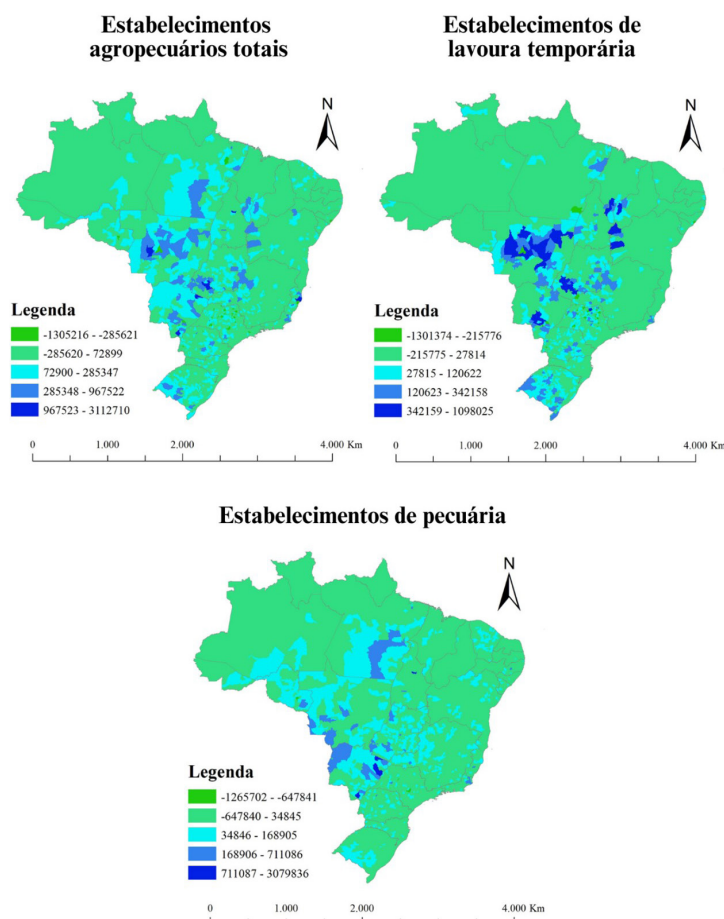


Figura 2 – Distribuição espacial das lucratividades das atividades agropecuárias.
Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Ao comparar as distribuições das lucratividades entre as atividades de lavoura temporária e de pecuária, verifica-se maior intensidade da última categoria das observações na lavoura temporária, principalmente no Centro-Oeste. Enquanto alguns estados de outras regiões não possuem esse mesmo nível de intensidade.

4.2 Análise exploratória de dados espaciais

Há indícios de efeitos positivos entre as integrações das atividades agropecuárias com a silvicultura e a lucratividade agropecuária, uma vez que o I de Moran calculado é estaticamente significativo e maior que o I de Moran esperado. A matriz utilizada na análise exploratória de dados espaciais é do tipo *rainha*, pois apresentou o maior valor significativo da estatística I de Moran. Além disso, verifica-se que, na análise global bivariada, todas as correlações entre lucratividade agropecuária e o número de estabelecimentos com integrações são positivas, sendo a maior delas na atividade de lavoura temporária (Tabela 3).

Tabela 3 – I de Moran global bivariado

Correlações	I de Moran
Lucratividade dos estabelecimentos agropecuários e o número de estabelecimentos agropecuários com silvicultura	0,041***
Lucratividade dos estabelecimentos de lavoura temporária e o número de estabelecimentos de lavoura temporária com silvicultura	0,058***
Lucratividade dos estabelecimentos pecuaristas e o número de estabelecimentos pecuaristas com silvicultura	0,014**

Nota: I de Moran esperado = -0,0002. *** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%.
Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

A predominância de *clusters* na região Sul é do tipo alto-alto, nesses municípios existe um elevado número de estabelecimentos que praticam a integração agropecuária com a silvicultura e são vizinhos de municípios com alto nível de lucratividade agropecuária (Figura 3).

Na região Sudeste, há uma mescla entre os *clusters* do tipo alto-alto e do tipo baixo-alto, tanto nas relações entre *EAS* e lucratividade agropecuária geral, quanto nas relações entre *EPECS* e lucratividade pecuarista. No caso específico da atividade de lavoura temporária, não existem mesclas entre *clusters* diretos e indiretos, apenas a predominância do *cluster* baixo-baixo nessa região.

Na região Centro-Oeste, verifica-se a predominância de um grande *cluster* do tipo baixo-alto. Nesse caso, há um baixo grau de integração entre as atividades, mas há um elevado nível de lucratividade agropecuária. Isso converge para o que foi exposto por Fernandes & Finco (2014), em que há uma certa particularidade na região Centro-Oeste no que diz respeito à inserção da ILPF. Em alguns locais dessa região, há baixo nível de integração entre as atividades devido à inflexibilidade produtiva ocasionada pela excelência em produção de grãos, principalmente no estado do Mato Grosso.

Ressalta-se que, embora em termos de área com integração, os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso são os que possuem os maiores valores, 3.169.987 e 2.281.544 de hectares, respectivamente. Ao normalizar a área das integrações pela área sob uso agropecuário, os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina possuem maiores percentuais, 31,17% e 28,87%, respectivamente (Rede ILPF, 2024). O que reforça a intensificação das integrações na região Sul, seja por área sob uso agropecuário, ou seja, pelo número de estabelecimentos agropecuários.

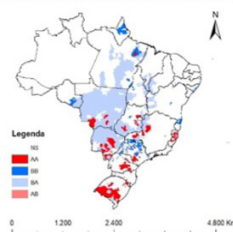
Diante disso, para haver maior nível de integração na região Centro-Oeste entre as atividades, são necessárias políticas compensatórias e incisivas que façam o produtor entender que não haverá redução em sua lucratividade tradicionalmente estabelecida. Mas caso a adoção não seja tão rentável quanto o modelo de produção pré-existente, ela não será executada (Schembergue, 2014).

4.3 Resultados econômicos

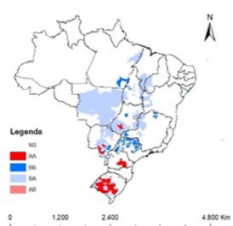
No caso dos modelos econômicos, a utilização da matriz *rainha* foi feita devido à verificação da estatística I de Moran após as regressões por MQO com pesos espaciais. As regressões espaciais para a lucratividade geral da agropecuária (y_{A1}) apresentam relação positiva entre as integrações da agropecuária com a silvicultura e a lucratividade da agropecuária geral (Tabela 4).

De acordo com LeSage & Pace (2009), a importância da verificação de significância e direção da variável ρ , acontece pela sua característica de apontar transbordamento na variável dependente, diante disso, o modelo *SAR-MQ2E* mostra que a variável ρ possui um transbordamento da lucratividade da agropecuária, ou seja, a lucratividade geral da agropecuária do município i é influenciada pela lucratividade da agropecuária geral de seus vizinhos.

EAS e lucratividade dos estabelecimentos agropecuários



ELTS e lucratividade de lavoura temporária



EPECS e lucratividade dos estabelecimentos pecuaristas

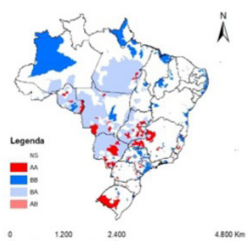


Figura 3 – LISA entre o número de estabelecimentos que praticam integração com silvicultura e a lucratividade agropecuária.

Fonte: Elaborados pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). Nota: EAS = Razão entre o número de estabelecimentos agropecuários no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município. ELTS = Razão entre o número de estabelecimentos de lavoura temporária no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município. EPECS = Razão entre o número de estabelecimentos de pecuária no município que praticam integração com a silvicultura e o número de estabelecimentos agropecuários totais no município.

Tabela 4 – Regressões espaciais para Y_{A1}

	MQO	SAR- MQ2E	SDM
EAS	0,013***	0,010***	0,009*
EAS lag			-0,001
ρ		0,174***	0,162***
Constante	0,096***	0,082***	0,086***
Controles	Sim	Sim	Sim
Controles lag	Não	Não	Sim
ML ρ	528,87***		
Robust ML ρ	59,80***		
ML λ	480,13***		
Robust ML λ	11,06***		
Jarque-Bera	12.469***		
Observações	5.570	5.570	5.570

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%. * Significativo estatisticamente a 10%. **Nota:** Com exceção do coeficiente ρ , os demais coeficientes dos modelos SAR-MQ2E e SDM estão apresentados na forma direta.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

No contexto das regressões para a atividade de lavoura temporária, a variável ρ no SAR-MQ2E e no SDM também foi estatisticamente significativa, indicando um transbordamento nos municípios também da lucratividade de lavoura temporária (Tabela 5). No entanto, as regressões não apresentaram significância estatística para a variável *ELTS*. Na Tabela 6, a variável ρ das regressões para a lucratividade da pecuária também apresentou significância estatística, assim como para a lucratividade geral da agropecuária e para a lucratividade da lavoura temporária.

A validação de robustez para as relações encontradas nas regressões espaciais também é feita pela análise dos sinais encontrados nas regressões logísticas (Tabela 7). Observa-se que há relação positiva entre as integrações nas atividades agropecuárias gerais com o fato de os municípios terem lucratividade agropecuária geral acima da média. Isso também ocorre entre a integração silvipastoril e a lucratividade pecuarista. Por outro lado, verifica-se a falta de significância estatística entre as integrações com a silvicultura na lavoura temporária e o fato de o município ter lucratividade na atividade de lavoura temporária acima da média na amostra irrestrita.

As *odds ratios* corroboram a relação positiva entre *EAS* e a variável dependente, devido ao seu valor encontrado ser de 1,557. Os resultados indicam que a presença de silvicultura em estabelecimentos agropecuários eleva a lucratividade da agropecuária geral na amostra irrestrita. Isso vai ao encontro do que foi exposto por Balbino et al. (2011), em que a integração entre as atividades eleva os lucros dos estabelecimentos agropecuários, devido à redução de custos e do aumento da produtividade conseguidos a partir da melhora na organização produtiva do estabelecimento. Além disso, esse maior retorno sobre a lucratividade pela presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários pode ser explicado parcialmente pela venda de madeira para a indústria de transformação (Müller et al., 2021).

Tabela 5 – Regressões espaciais para Y_{LT1}

	MQO	SAR- MQ2E	SDM
ELTS	0,012	0,003	0,009
ELTS lag			-0,001
ρ		0,315***	0,288***
Constante	0,072***	0,052***	0,056**
Controles	Sim	Sim	Sim
Controles lag	Não	Não	Sim
ML ρ	703,29***		
Robust ML ρ	43,09***		
ML λ	660,21***		
Robust ML λ	0,01		
Jarque-Bera	964,74***		
Observações	5.570	5.570	5.570

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%.

Nota: Com exceção do coeficiente ρ , os demais coeficientes dos modelos SAR-MQ2E e SDM estão apresentados na forma direta.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

No caso da falta de significância do efeito das integrações de lavoura temporária e silvicultura sobre a lucratividade da lavoura temporária na amostra irrestrita, isso pode estar relacionado ao fato de que parte da predominância da lucratividade de lavoura temporária no Brasil é das culturas de milho e soja, e essas culturas podem estar influenciando esse resultado na amostra geral. De acordo com Fernandes & Finco (2014), existe um viés por

parte dos produtores dessas culturas em manter sistemas tradicionais de produção, devido ao elevado risco em trocar níveis muito elevados de lucratividade por algo ainda não tão seguro quanto o sistema pré-existente, embora geralmente possa proporcionar redução de riscos e incertezas (Behling et al., 2013).

Tabela 6 – Regressões espaciais para Y_{PECI}

	MQO	SAR-MQ2E	SDM
EPECS	0,047***	0,040***	0,023***
EPECS lag			0,022***
ρ		0,217***	0,192***
Constante	0,072***	0,058***	0,062***
Controles	Sim	Sim	Sim
Controles lag	Não	Não	Sim
ML ρ	512,68***		
Robust ML ρ	49,81***		
ML λ	462,91***		
Robust ML λ	0,04		
Jarque-Bera	11.642***		
Observações	5.570	5.570	5.570

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%.

Nota: Com exceção do coeficiente ρ , os demais coeficientes dos modelos SAR-MQ2E e SDM estão apresentados na forma direta.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

A variável *EPECS* apresentou relação positiva com a variável dependente, isso quer dizer que a existência de um elevado nível de estabelecimentos que praticam integração entre pecuária e silvicultura, proporciona um elevado nível de lucratividade da pecuária, inclusive com *odds ratio* maior do que na agropecuária geral. Segundo Behling et al. (2013), em comparação à atividade pecuarista sem a inclusão de silvicultura, esse efeito acontece parcialmente devido à melhora no desempenho produtivo e reprodutivo da criação de gado em ambientes mais arborizados da integração silvipastoril, causada por um nível mais alto de bem-estar dos animais em consequência da redução de temperatura e radiação solar no estabelecimento agropecuário.

Ademais, é provável que o estímulo à lucratividade do estabelecimento pecuarista devido à presença da silvicultura no estabelecimento ocorra inicialmente com maior ênfase devido à melhora do bem-estar animal do que pela venda do produto da silvicultura. Uma vez que o eucalipto, por exemplo, leva em média entre sete e doze anos para ser cortado no Brasil (Kerr et al., 2009).

A falta de igualdade na relação encontrada entre a integração produtiva com a silvicultura e as lucratividades das atividades de lavoura temporária e de pecuária, além da questão do rendimento sojícola, pode também ser influenciada pela diferença de implementação da integração entre as duas atividades. Segundo Vinholis et al. (2023), alguns fatores que influenciam a decisão de implementação da integração produtiva entre lavoura temporária e silvicultura, não são, em sua totalidade, os mesmos fatores que influenciam a integração da pecuária com a silvicultura, embora alguns fatores possam condicionar com muito efeito ambas as integrações, como, por exemplo, o acesso à informação por parte dos produtores (Schembergue et al., 2017).

Tabela 7 – Validação de robustez das relações encontradas pelo Logit

	Y_{A2}		Y_{LT2}		Y_{PEC2}	
	Logit	Odds ratio	Logit	Odds ratio	Logit	Odds ratio
EAS	0,443**	1,557**				
ELTS			0,791	2,207		
EPECS					2,367***	10,669***
Constante	-0.676***	0,508***	-1,935***	0,144***	-2.380***	0,092***
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
LR Test	390,55***		1.002***		534,65***	
Class. (%)	70,66		79,34		72,47	
Área sob ROC (%)	66,85		75,40		71,26	
Observações	5.570	5.570	5.570	5.570	5.570	5.570

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Vinholis et al. (2023) explicam que dentre outros fatores condicionantes para a integração produtiva estão os intermediários de inovação, que facilitam a interação e conexão entre os agentes presentes no processo produtivo, fornecendo informações e transferência de tecnologia. A estrutura desse fator intermediário pode diferir entre a cultura temporária e a atividade pecuarista, devido às particularidades de cada atividade, influenciando também na diferença de relação encontrada entre as integrações dessas atividades com a silvicultura e suas respectivas lucratividades.

Portanto, comparando atividades dentro da agropecuária geral, nesse caso lavoura temporária e pecuária, a diferença⁵ entre os retornos da integração sobre a lucratividade em diferentes culturas pode ser explicada por dois fatores, sendo eles: a resistência de uma cultura em aplicar a integração e o arcabouço intermediário para a integração. Além do supracitado acesso à informação, esse arcabouço pode conter elementos relacionados às questões de crédito, disponibilidade de terra e outros insumos.

A Tabela 8 reforça que o impacto da silvicultura em estabelecimentos pecuaristas é maior sobre a lucratividade pecuarista do que o impacto da presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários gerais sobre a lucratividade da agropecuária geral. Visto que, considerando a defasagem espacial nas variáveis dependentes, até mesmo o efeito indireto de *EPECS* é maior do que o efeito indireto de *EAS*.

Tabela 8 – Efeitos indiretos e totais das variáveis nos modelos espaciais

Dependente	Efeito	Modelo	EAS	EAS lag	ELTS	ELTS lag	EPECS	EPECS lag
Y_{A1}	Indireto	SAR	0,001***					
		SDM	0,001*	NS				
	Total	SAR	0,011***					
		SDM	0,011*	NS				

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 10%.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

⁵ $\Delta L = f(R, \Omega)$, em que ΔL é a diferença dos retornos da integração com a silvicultura sobre duas atividades agropecuárias diferentes, em função do grau de resistência para adoção da integração (R) e do arcabouço intermediário para a integração (Ω).

Tabela 8 – Continuação...

Dependente	Efeito	Modelo	EAS	EAS lag	ELTS	ELTS lag	EPECS	EPECS lag
Y_{LT1}	Indireto	SAR			NS			
		SDM			NS	NS		
	Total	SAR			NS			
		SDM			NS	NS		
Y_{PEC1}	Indireto	SAR					0,008***	
		SDM					0,004***	0,004*
	Total	SAR					0,049***	
		SDM					0,027***	0,026*

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 10%.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Ao comparar os retornos das integrações entre a pecuária e a agropecuária geral, a equação $\Delta L = f(R, \Omega)$ pode deixar de fazer sentido, porque a agropecuária geral engloba tanto lavoura temporária quanto pecuária. Nesse caso, o maior efeito das integrações sobre a lucratividade pecuarista é maior do que sobre a lucratividade da agropecuária geral pode estar sendo condicionado pela dimensão das lucratividades. Logo, pode ser mais uma questão de composição do produto final do que uma questão de fatores inibidores de adoção da integração. No caso dos efeitos indiretos e totais da integração sobre a lucratividade da lavoura temporária, não é possível realizar algum tipo de comparação com os efeitos indiretos e totais sobre as demais lucratividades, devido à falta de significância estatística na amostra irrestrita.

Consoante o Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017), a lucratividade pecuarista corresponde a 37,01% da lucratividade agropecuária geral, sendo 62,99% composta pelas lucratividades de outras atividades, como atividades como as lavouras, silvicultura e horticultura. Diante disso, como o montante médio observado na variável dependente de lucratividade pecuarista é menor comparado ao montante médio observado na variável dependente de lucratividade agropecuária geral, logo, o efeito de uma integração da pecuária com a silvicultura tem maior impacto sobre a lucratividade pecuarista, do que algum tipo de integração da silvicultura com a agropecuária, de maneira geral, tem sobre a lucratividade agropecuária geral.

Após verificar que, na abrangência nacional, a presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários gerais ou pecuaristas eleva as suas respectivas lucratividades, é adequado analisar se os efeitos são mantidos em regimes espaciais. A Tabela 9 apresenta os coeficientes estimados das variáveis referentes à presença da silvicultura nos respectivos estabelecimentos agropecuários sobre as lucratividades de cada atividade. Além disso, os resultados do Teste de Chow indicam que a análise restrita por regimes espaciais é adequada, devido à heterogeneidade dos erros nas subamostras.

No caso das regiões em que *EAS* e *EPECS* foram significativas estatisticamente, elas seguem a mesma direção dos efeitos encontrados nas regressões com a amostra irrestrita, ou seja, com efeitos positivos (ver Tabelas 4 e 6), reforçando que mesmo em níveis regionais, as integrações das atividades agropecuárias com a silvicultura trazem benefícios financeiros para os produtores (Cortner et al., 2019; Paul et al., 2022; Staton et al., 2022).

No caso do efeito de *EAS* sobre Y_{AI} , ao comparar com a regressão da amostra irrestrita, percebe-se que possivelmente a região Sul que está influenciando a significância estatística. Em relação ao efeito de *EPECS* sobre Y_{PEC1} , provavelmente são as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste que estão influenciando a significância estatística nos resultados com a amostra irrestrita. Por outro lado, *ELTS* que não foi significativa estatisticamente na regressão irrestrita se tornam significativas estatisticamente nas regiões Sudeste e Sul.

Tabela 9 – Efeitos totais dos coeficientes das regressões por regimes espaciais

Região	Variável dependente	EAS	ELTS	EPECS
Norte	Y_{AI}	-0,305		
	Y_{LT1}		-0,108	
	Y_{PEC1}			0,078
Nordeste	Y_{AI}	0,001		
	Y_{LT1}		0,408	
	Y_{PEC1}			0,019
Sudeste	Y_{AI}	0,009		
	Y_{LT1}		0,171***	
	Y_{PEC1}			0,057***
Sul	Y_{AI}	0,016***		
	Y_{LT1}		0,031***	
	Y_{PEC1}			0,020**
Centro-Oeste	Y_{AI}	0,015		
	Y_{LT1}		0,534	
	Y_{PEC1}			0,152**

*** Significativo estatisticamente a 1%. ** Significativo estatisticamente a 5%.

Nota: Teste de Chow para as regressões com variáveis dependentes Y_{AI} , Y_{LT1} e Y_{PEC1} : 4,96**, 13,52** e 3,20, respectivamente. Os modelos por regimes espaciais foram estimados também por SAR-MQ2E com as mesmas variáveis das regressões com a amostra irrestrita.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

O fato de a presença da silvicultura nos estabelecimentos agropecuários gerais, de lavoura temporária e pecuarista ter efeito sobre os três tipos de lucratividades na região Sul, pode estar relacionada ao fato, já supracitado, da presença de indústrias de transformação de madeira na região, conforme Müller et al. (2021).

Os efeitos positivos da presença da silvicultura em estabelecimentos de lavoura temporária sobre a lucratividade de lavoura temporária nas regiões Sudeste e Sul vão de encontro à literatura exposta neste trabalho. Na região Sudeste, o incentivo à lucratividade é feito pela predominância da integração entre as atividades por meio das rotações de forrageiras e culturas como milho e soja. Ao passo que na região Sul, existe a diferenciação de estratégias entre os biomas de Mata Atlântica e Pampa (Balbino et al., 2012).

Ao observar o efeito regionalizado da presença da silvicultura em estabelecimentos pecuaristas sobre a lucratividade pecuarista, o efeito que na amostra irrestrita era também positivo é evidenciado agora de forma distribuída nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, tendo o maior impacto nesta última.

Em relação ao efeito positivo da presença da silvicultura em estabelecimentos pecuaristas do Sudeste, além do efeito sobre o bem-estar animal supracitado, existe a questão de que a predominância do sistema silvipastoril nessa região é feita com a utilização de *Eucalyptus*, tendo um retorno direto sobre a rentabilidade com a produção de lenha (Radomski & Ribaski, 2009).

Esse tipo de efeito também não é diferente sobre a lucratividade pecuarista do Centro-Oeste e isso vai ao encontro do que foi exposto por Ferreira et al. (2019), em que o aumento médio da renda gerada pela inserção da silvicultura em um estabelecimento pecuarista típico da região Centro-Oeste, naquela época, já era aproximadamente de R\$ 300,00 por hectare no ano.

5 CONCLUSÕES

Em um cenário de mudanças climáticas, as adaptações produtivas ganharam notoriedade com as integrações entre as atividades agrícolas, pecuaristas e florestais. Diante da importância desse assunto, este estudo verificou se a presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários eleva a lucratividade dos estabelecimentos agropecuários ao nível municipal.

O estudo mostra que a maior concentração da presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários em relação ao total de estabelecimentos agropecuários está principalmente na região Sul do Brasil, embora seja a região Centro-Oeste que possui os maiores níveis de lucratividade agropecuária. Contudo, a abordagem global do I de Moran indicou um certo nível de correlação espacial entre as lucratividades agropecuárias e as integrações. Mas foram com as regressões espaciais e logísticas que se corroboraram a teoria de que as adaptações produtivas promovidas pelas integrações elevam as lucratividades das atividades gerais da agropecuária e da atividade pecuarista do município onde estão inseridas.

A importância da análise realizada por este estudo acontece pela necessidade de disseminação do debate nos âmbitos ambientais e financeiros. Foi verificado neste estudo que, na ótica da amostra irrestrita para 5570 municípios brasileiros, a presença da silvicultura em estabelecimentos agropecuários, de maneira geral, ou pecuaristas, eleva as suas respectivas lucratividades ao nível municipal. Por outro lado, não foi encontrada evidência significativa na direção do efeito da presença da silvicultura em estabelecimentos de lavoura temporária sobre a lucratividade de lavoura temporária.

Ao utilizar a ótica por regimes espaciais, devido à heterogeneidade presente entre os municípios brasileiros, a direção dos efeitos significativos nos modelos com amostra restrita é a mesma observada nos modelos com amostra irrestrita, ou seja, positiva. Embora em algumas atividades de certas regiões, não houve efeitos significativos das integrações sobre as lucratividades. No caso do efeito da presença de silvicultura em estabelecimentos de lavoura temporária sobre a lucratividade de lavoura temporária, na amostra restrita as regiões Sudeste e Sul apresentaram relações positivas da variável explicativa com a variável dependente.

Por fim, este estudo permite lançar uma luz para a relevância das integrações produtivas não somente no cunho ambiental, mas diretamente no âmbito financeiro. Formuladores de políticas das atividades agropecuárias que trazem consigo o objetivo de amenizar os efeitos das mudanças climáticas, proporcionando uma elevação da lucratividade agropecuária, devem reforçar o incentivo à presença da atividade de silvicultura em estabelecimentos agropecuários.

Contribuições dos autores:

APJ: Curadoria de dados, Conceitualização, Pesquisa, Análise de dados. JLP: Administração do projeto, Supervisão, Metodologia.

Suporte financeiro:

Nada a declarar.

Conflitos de interesses:

Nada a declarar.

Aprovação do conselho de ética:

Não se aplica.

Disponibilidade de dados:

Os dados da pesquisa estão disponíveis sob consulta.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

*** Autor correspondente:**

Amarildo de Paula Junior. amarildojunior.eco@gmail.com

REFERÊNCIAS

- Almeida, E. (2012). *Econometria espacial*. Campinas: Alínea.
- Alvarenga, R. C., & Gontijo Neto, M. M. (2012). Inovações tecnológicas nos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). In *Anais do 8º Simpósio de Produção de Gado de Corte e 4º Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte* (pp. 267-276). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Anselin, L. (1990). Spatial dependence and spatial structural instability in applied regression analysis. *Journal of Regional Science*, 30(2), 185-207. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1990.tb00092.x>
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <http://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Balbino, L. C., Barcellos, A. O., & Stone, L. F. (2011). *Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)*. Brasília: Embrapa.
- Balbino, L. C., Vilela, L., Cordeiro, L. A. M., Oliveira, P., Pulrolnik, K., Kluthcouski, J., Silva, J. L. S. (2012). *Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) região sul*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Behling, M. W., Wruck, F. J., Antonio, D. B. A., Meneguci, J. L. P., Pedreira, B. C., Carnevalli, R. A., Cordeiro, L. A. M., Gil, J., Farias Neto, A. L., Domit, L. A., & Silva, J. F. V. (2013). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). In A. Galhardi Junior, F. Siqueri, J. Caju & S. Camacho (Eds.), *Boletim de Pesquisa de Soja 2013/2014*. Rondonópolis: Fundação MT.
- Cordeiro, L. A. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Kluthcouski, J., & Martha Junior, G. B. (2015). Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 32, 15-43.
- Cortner, O., Garrett, R. D., Valentim, J. F., Ferreira, J., Niles, M. T., Reis, J., & Gil, J. (2019). Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 82, 841-853. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.006>
- Cuadra, S. V., Heinemann, A. B., Santos, P. M., Oliveira, P. P. A., Kemenes, A., Guimarães, L. J. M., Magalhães, C. A. S., Camargo, L. S. A., Angelotti, F., Petrere, V. G., Andrade, C. L. T.,

- Pereira, L. G. R., Steinmetz, S., Packer, A. P. C., Higa, R. C. V., Monteiro, J. E. B. A., Ramos, N. P., Sampaio, F. G., Nechet, K. L., Andrade, C. A., Batista, E. R., & Pellegrino, G. Q. (2018). Resiliência e adaptação da agropecuária às mudanças climáticas. In S. V. Cuadra, A. B. Heinemann, L. G. Barioni, G. B. Mozzer & I. Bergier (Eds.), *Ação contra a mudança global do clima: contribuições da Embrapa* (pp. 92-99). Brasília, DF: Embrapa.
- Fernandes, M. S., & Finco, M. V. A. (2014). Sistemas de integração lavoura-pecuária e políticas de mudanças climáticas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 182-190. <http://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200004>
- Ferreira, A. D., Serra, A. P., Melotto, A. M., Bungenstab, D. J., & Laura, V. A. (2019). Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. In D. J. Bungenstab (Ed.), *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta : a produção sustentável*. Brasília: Embrapa.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. New Delhi: Pearson Education.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2017). *Censo agropecuário 2017*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Kerr, R. B., Martin, D. M. L., & Basso, L. C. (2009). A influência do processo de difusão de preços no valor e no tempo ótimo de corte de um povoamento de eucalipto. In *Anais do SIMPO I*, São Paulo.
- Kichel, A. N., Costa, J. A. A., Almeida, R. G., & Paulino, V. T. (2014). Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): experiência no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, 71(1), 94-105. <http://doi.org/10.17523/bia.v71n1p94>
- LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. <http://doi.org/10.1201/9781420064254>.
- Müller, M. D., Martins, C. E., Brighenti, A. M., Rocha, W. S. D., Calsavara, L. H. F., Pezzopane, J. R. M., & Porfirio-da-Silva, V. (2021). *O eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na Mata Atlântica*. Brasília: Embrapa Florestas.
- Paul, B. K., Epper, C. A., Tschopp, D. J., Long, C. T. M., Tungani, V., Burra, D., Hok, L., Phengsavanh, P., & Douxchamps, S. (2022). Crop-livestock integration provides opportunities to mitigate environmental trade-offs in transitioning smallholder agricultural systems of the Greater Mekong Subregion. *Agricultural Systems*, 195, 103285. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103285>
- Radomski, M. I., & Ribaski, J. (2009). *Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Rede ILPF. (2024). *ILPF em números*. Recuperado em 9 de dezembro de 2024, de <https://redeilpf.org.br/ilpf-em-numeros/>
- Reis, J. C., Kamoi, M. Y. T., Michetti, M., & Wruck, F. J. (2018). Análise dos benefícios econômicos da diversificação da produção em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In *Anais do 56º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Brasília: SOBER.
- Schembergue, A. (2014). *Análise da integração lavoura-pecuária-floresta como medida adaptativa às mudanças climáticas* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Schembergue, A., Cunha, D. A., Carlos, S. M., Pires, M. V., & Faria, R. M. (2017). Sistemas Agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no

- Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 55(1), 9-30. <http://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>
- Souza Filho, H. M., Buainain, A. M., Silveira, J. M. F. J., & Vinholis, M. M. B. (2011). Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 28(1), 223-255.
- Staton, T., Breeze, T. D., Walters, R. J., Smith, J., & Girling, R. D. (2022). Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. *Ecological Economics*, 191, 107214. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107214>
- Tomaz, G. A., Borges, A. S., Wander, A. E., & Souza, C. B. (2017). Como viabilizar a adoção do sistema ILPF. *Revista Sodebras*, 12(144), 55-60.
- Vilela, L., Martha Júnior, G. B., & Marchão, R. L. (2012). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: alternativa para intensificação do uso. *Revista UFG*, 13, 92-99.
- Vinholis, M. M. B., Souza Filho, H. M., & Carrer, M. J. (2023). Preditores da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária em São Paulo e o papel dos intermediários da inovação. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(3), e252894. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.252894>
- Zeilinger, J., Niedermayr, A., Quddoos, A., & Kantelhardt, J. (2021). Identifying the extent of farm-level climate change adaptation. In *Proceedings of the International Association of Agricultural Economists Conference*. Toronto: IAAE.

Recebido: Fevereiro 08, 2024

Aceito: Janeiro 07, 2025

Código JEL: Q13; Q54.

Editor de seção: Yuri Calil