

A produção da agricultura familiar e os efeitos dos programas de incentivo¹

Italo João Bolqui Dutra²
Moisés Cardoso Martins³
José Luiz Parré⁴

Resumo – Dois importantes programas do governo federal de incentivo ao desenvolvimento da agricultura familiar são o Pronaf e o Pnae. O Pronaf fornece crédito, fomentando o aumento da produção e do investimento, enquanto o Pnae determina que pelo menos 30% do valor repassado para a compra de alimentos para a rede pública de ensino sejam gastos com produtos da agricultura familiar. O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos e a distribuição espacial desses dois programas sobre o valor bruto da produção (VBP) dos agricultores familiares da região Sul em 2017. Com a análise exploratória dos dados espaciais, verificou-se que ambos os programas exibem autocorrelação espacial positiva. Foram significantes as defasagens espaciais da variável dependente e do erro. A defasagem da variável Pnae, junto com o modelo de erro, mostra que há efeitos de transbordamento do programa nos municípios vizinhos. O Pronaf é significativo em todos os modelos, o que indica sua importância para o fomento da agricultura familiar.

Palavras-chave: econometria espacial, financiamento, Pnae, Pronaf.

The production of family farming and the effects of incentive programs

Abstract – Two important incentive programs of Brazilian federal government for family farming development are the national program for the strengthening of family farming (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF) and the national school feeding program (Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE). The PRONAF provides credit to promote the increase of production and investment, whereas the PNAE determines that 30% of the transfer for food acquisition to the public education network be expended on family farming products. The objective of this work was to analyze the effects and spatial distribution of these two programs on the gross production value of family farmers of the South region in 2017. The exploratory analysis of the spatial data showed that both programs exhibit a positive spatial autocorrelation. The spatial lags of the dependent variable and the errors were significant. The PNAE variable lag, together with the error model, shows that there are overflowing effects of the program on the neighbor

¹ Original recebido em 5/11/2020 e aprovado em 24/2/2021.

² Mestrando em Teoria Econômica. E-mail: italojb Dutra@gmail.com

³ Mestrando em Teoria Econômica. E-mail: moisesmartinsup@gmail.com

⁴ Doutor em Economia Aplicada, bolsista de produtividade CNPq. E-mail: jlparre@uem.br

municipalities. The PRONAF is significant in all models, which suggests its importance for family farming promotion.

Keywords: spatial econometrics, financing, Pnae, Pronaf.

Introdução

A agricultura familiar é uma unidade produtiva que emprega majoritariamente a mão de obra familiar, e a propriedade é gerida pelo proprietário e sua família. Na região Sul, esse tipo de agricultura é bastante desenvolvido, o que está relacionado à colonização, entre outros fatores.

Para fomentar o desenvolvimento da agricultura familiar e, por conseguinte, dos municípios, os programas nacionais são importantes instrumentos do governo federal. O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) atua diretamente no fornecimento de crédito para os estabelecimentos que possuem a Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), enquanto o Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) garante alimentação de melhor qualidade para alunos e funcionários dos colégios estaduais e municipais, além de expandir a venda dos agricultores familiares.

Este trabalho investiga a distribuição espacial da produção dos estabelecimentos da agricultura familiar e os efeitos dos programas nacionais no Sul, com dados do Censo Agropecuário de 2017, para saber se o Pronaf e o Pnae têm algum impacto direto na produção desses estabelecimentos. Adota-se aqui a análise exploratória de dados espaciais, bem como a econometria espacial, através da função de produção agropecuária.

A agricultura familiar e a região Sul

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019a), a agricultura familiar é responsável pela maior parte dos alimentos da população brasileira. A agricultura familiar é composta por pequenos produtores rurais, como silvicultores, pescadores, extrativistas, assentamentos e comunidades. O setor se destaca pela produção de milho, raiz de mandioca, pecuária leiteira, gado de corte,

ovinos, caprinos, olerícolas, feijão, cana, arroz, suínos, aves, café, trigo, mamona, fruticulturas e hortaliças. De acordo com Schabarum & Triches (2019, p.60),

[...] os alimentos de origem vegetal, com destaque para os hortifrutigranjeiros, se efetivam como os mais fornecidos aos mercados institucionais pelos agricultores.

Uma característica da agricultura familiar é que a mão de obra é geralmente suprida pelo núcleo familiar, sendo a produção agropecuária a fonte principal de renda das famílias.

A principal distinção dos agricultores familiares em relação aos agricultores não familiares está embasada no fato de que os primeiros possuem à sua disposição a mão de obra da família e em geral a quantidade de terras das quais é proprietária é de tamanhos menores. Sobre a disponibilidade de capital também há diferenças, pois enquanto na agricultura não familiar há maior facilidade de acesso a grandes volumes, na agricultura familiar o acesso existe, mas para valores menores, como é o caso do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) (Stoffel, 2006, p.3).

No sul, historicamente, o percentual de compra de produtos da agricultura familiar é maior do que o das outras regiões (Thies et al., 2016).

Segundo o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), mais de 40% do valor bruto da produção agropecuária do Paraná vem da agricultura familiar.

A análise dos dados de produtos selecionados permite dimensionar a importância da agricultura familiar, em particular na produção de aves, suínos, mandioca e feijão. [Ressalta-se que a produção da agricultura familiar é voltada primordialmente para o abastecimento interno, sendo] que 75,5% do feijão-preto

produzido no Paraná vem da agricultura familiar, assim como 81% da mandioca, 43,7% do milho e 31,2% da soja. [...] No caso do leite [...], 67,6% da produção do ano de 2006 veio da agricultura familiar, [assim como] a produção de aves [...] responsável por 66,5% [e] os suínos [...] respondendo por 62,2% [...]. (Pereira & Bazotti, 2010, p.19-20).

Conforme divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019b), o Censo Agropecuário de 2017 apontou que 77% dos estabelecimentos agropecuários são classificados como de agricultura familiar, cuja área corresponde a 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. A agricultura familiar emprega mais de 10 milhões de pessoas, ou 67% do total de pessoas ocupadas na agropecuária em 30 de setembro de 2018, e foi responsável por 23% do valor total da produção dos estabelecimentos agropecuários.

Segundo Stoffel (2012), os três estados do Sul possuem semelhanças entre si tanto na estrutura das propriedades agrárias quanto nas atividades agropecuárias. A colonização desses estados, que contou com a imigração de europeus, contribuiu para a formação de pequenas e médias propriedades, a diversificação das atividades e o uso da mão de obra familiar. Para Guilhoto et al. (2007, p.59-60),

O Sul do Brasil é a região que mais sobressai na produção familiar – a estrutura familiar da agropecuária está muito ligada à forma como se deu a colonização da região.

As normas para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar estão definidas na Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. De acordo com a legislação, é considerado agricultor familiar aquele que pratica atividades no meio rural, possui área de até quatro módulos fiscais, emprega mão de obra da própria família, obtém do próprio estabelecimento a renda familiar e cuja gestão do empreendimento é feito pela própria família (Brasil, 2006).

Programas nacionais: Pronaf e Pnae

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) foi criado em 1995 e seu objetivo é criar condições para o aumento da capacidade produtiva, da renda e da geração de emprego dos agricultores familiares (Brasil, 2019a).

Os objetivos específicos, definidos pelo ajuste de políticas públicas, são viabilizar a infraestrutura necessária para a melhor produtividade, profissionalizar, através de novas tecnologias e gestão, e dar acesso aos mercados de insumos e produtos.

Na prática, o Pronaf se divide em quatro opções de crédito rural: custeio, investimento, comercialização e industrialização (Brasil, 2019a), além de estar voltado à infraestrutura e a serviços municipais e para a capacitação dos agricultores, como na área de gestão e organização de processos.

No Paraná, por exemplo, o custeio agrícola das principais lavouras atendidas pelo programa foi para soja e milho em 2007–2012. Em menor escala, vêm as lavouras de trigo, feijão, café e mandioca, arroz, cana-de-açúcar e batata (Oliveira & Bueno, 2019).

O acesso ao programa exige do agricultor a Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), que comprova seu enquadramento como pequeno agricultor (Brasil, 2019a).

Segundo Oliveira & Bueno (2019), o programa propicia aos agricultores familiares um sistema de crédito rural de acesso simplificado, direcionado para o aumento da produção e das atividades desenvolvidas nas propriedades familiares.

Numa avaliação do Pronaf em 1995–2018, Pretto & Horn (2020) concluem que a experiência do programa foi satisfatória como política pública que alavancou o crédito para a agricultura familiar. Os valores cresceram de forma contínua, sendo o maior montante registrado em 2014: R\$ 31,4 bilhões, a preços de 2018.

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) tem como objetivo principal oferecer alimentação escolar e promover ações educacionais sobre nutrição a estudantes da educação básica pública. O repasse é feito pelo governo federal a estados e municípios, considerando o censo escolar do ano anterior (FNDE, 2019b).

A Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, determina que pelo menos 30% do valor repassado a estados, municípios e ao Distrito Federal pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para o Pnae deve ser empregado na compra de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar (Brasil, 2009).

A comercialização de produtos para a alimentação escolar tem sido um dos espaços privilegiados para possibilitar a construção social de mercados alternativos. Países desenvolvidos e em desenvolvimento têm adotado iniciativas visando aproximar a produção e o consumo de alimentos em âmbito escolar, por meio da compra de agricultores familiares locais (Triches et al., 2019, p.119).

As diretrizes do programa são envolver todos os entes federados em sua execução, estimular o exercício do controle social e dinamizar a economia local, contribuindo assim para gerar emprego e renda e respeitar os hábitos alimentares e a vocação agrícola locais (FNDE, 2019b).

O programa engloba elementos relacionados à produção, ao acesso e ao consumo, com o objetivo de, simultaneamente, oferecer alimentação saudável aos alunos de escolas públicas de educação básica e estimular a agricultura familiar. Segundo o FNDE (2019b), o programa

[...] representa um canal importante de comercialização e geração de renda com regularidade, contribuindo para a inclusão produtiva, a geração de emprego no meio rural e o estímulo ao cooperativismo e ao associativismo.

Metodologia

Análise exploratória dos dados espaciais

A análise exploratória dos dados espaciais (Aede) é adotada aqui com o objetivo de identificar padrões espaciais e possíveis *clusters* ou se os dados estão distribuídos apenas aleatoriamente. Essa disposição dos dados permite aferir a dependência espacial e sua possível heterogeneidade.

Segundo Anselin (1994), a descrição dos dados é identificada quando as distribuições espaciais são visualizadas para diferentes subconjuntos de dados, e, portanto, é possível verificar uma tendência à heterogeneidade espacial. Entretanto, apenas a análise exploratória visual não é suficiente para determinar a dependência e suas proporções, sendo necessário usar técnicas estatísticas para identificar esses padrões.

A descrição de dados e a identificação da autocorrelação espacial deve ter uma robusta análise estatística, por meios de testes, como o I de Moran, e ser analisada mediante duas medidas, a local e a global:

A partir da AEDE é possível extrair medidas de autocorrelação espacial global e local, investigando a influência dos efeitos espaciais por intermédio de métodos quantitativos (Rocha & Parré, 2009, p.143).

Entretanto, é necessário definir uma matriz de ponderação espacial, que intermediará o cálculo da autocorrelação espacial. É uma matriz quadrada que contém pesos espaciais, com valores que buscam medir a influência da unidade espacial j sobre a unidade i (Almeida, 2012).

As matrizes espaciais podem ser de critério geográfico, na qual as unidades espaciais são vizinhas fisicamente, mas também podem obedecer ao critério de proximidade socioeconômica. Utiliza-se aqui matrizes de critérios geográficos, pois o objetivo é entender a influência dos municípios vizinhos na produção do município-base.

Ainda assim, as matrizes geográficas podem obedecer a um critério de distância geográfica, em que o peso espacial é medido diretamente com base na distância geográfica, podendo ser limitada, e também obedecer a um critério de contiguidade, cujas unidades espaciais possuem uma fronteira física comum. Entre as opções de contiguidade, as mais comuns fazem alusão ao xadrez, sendo chamada de “torre” a matriz que considera apenas as unidades limítrofes a norte, sul, leste e oeste. A matriz “bispo” considera apenas as unidades nas diagonais, e a “rainha” absorve o efeito de todas as unidades com alguma fronteira (Moran, 1948).

Para analisar a autocorrelação espacial, é necessário testar a hipótese de que os dados estejam aleatoriamente distribuídos no espaço, e, para isso, o coeficiente de autocorrelação I de Moran é uma das ferramentas mais empregadas para a identificação da dependência espacial, conforme descrito por Almeida (2012). A estatística I de Moran é definida por

$$I = (n/\Sigma w_{ij}) \times \{[\Sigma w_{ij}(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})]/[\Sigma(y_i - \bar{y})^2]\} \quad (1)$$

em que n é o número de unidades espaciais, y_i a variável dependente, e w_{ij} é a matriz de pesos espaciais das unidades espaciais i e j . O objetivo do coeficiente é calcular um nível de autocorrelação espacial, com valores de -1 a 1, em que os valores negativos representam uma autocorrelação espacial negativa, ou seja, maiores valores dos vizinhos podem indicar que há valores menores na unidade espacial calculada. Quando o valor é positivo, há indicações de uma autocorrelação espacial positiva, e, portanto, a unidade espacial estudada pode conter valores altos da variável dependente, bem como seus vizinhos. Para rejeitar a hipótese de dependência espacial, seu valor deve ser igual ao I de Moran esperado, $-[1/(n - 1)]$, em que n é o número de espaços geográficos da amostra (Cliff & Ord, 1970).

A análise da autocorrelação espacial conta também com o diagrama de Moran e dos quadrantes: Alto-Alto (AA), Alto-Baixo (AB), Baixo-Alto (BA) e Baixo-Baixo (BB). O quadrante AA é composto por indivíduos com altos valores da

variável dependente e cercado por indivíduos que também tem altos valores; BB tem indivíduos com baixo valor da variável dependente e com vizinhos com baixos valores; AB, indivíduos com alto valores, mas com vizinhos de baixo valores, enquanto que BA é seu oposto.

Ainda na definição da análise de correlação espacial, a análise bivariada do I de Moran mostra a correlação da variável dependente y_i com uma variável exógena, x_j , das regiões vizinhas (Almeida, 2012).

Modelos espaciais

Num primeiro momento, é necessário realizar a regressão pelo modelo clássico de regressão linear (MCRL), que é estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Essa primeira regressão, mais simples, é importante para analisar a disposição dos resíduos, verificar se há normalidade dos erros e também os testes necessários para avaliar a autocorrelação espacial (Anselin, 2003).

No MCRL, além do teste de autocorrelação de I de Moran, deve ser analisado o teste do multiplicador de Lagrange (ML) e do multiplicador de Lagrange robusto (ML robusto). Ambos os testes são realizados para a variável dependente e para os resíduos; no caso de significativo só para os resíduos, a defasagem espacial será aplicada à variável dependente; no caso de significativo apenas para o erro, a defasagem espacial será aplicada aos termos de erro. Se ambos não forem significativos, o MCRL deve ser adotado. (Pinheiro et al., 2006).

Entretanto, no caso de os dois testes serem significativos, deve ser aplicado o ML robusto, que segue a mesma lógica do ML, exceto pelo fato de poder ser feita uma comparação entre os testes e definido o que tiver a maior significância. Além disso, o teste Jarque-Bera indica a hipótese de normalidade dos erros, a qual influenciará o método de estimação adotado.

O modelo spatial autoregressive (SAR) ou modelo de defasagem espacial inclui no MCRL a

variável independente W_y , que representa o vetor de defasagem espacial da variável dependente y . Dessa forma, a regressão agora conta com uma variável independente definida pelos valores das unidades espaciais vizinhas. É importante mostrar que a variável W_y ainda exibe um parâmetro espacial, indicado por ρ , que representa a defasagem espacial e se situa no intervalo de -1 a 1. Quando positivo, há indicação de que as unidades vizinhas influenciam o aumento da variável dependente na unidade estudada; o valor negativo de ρ indica uma autocorrelação espacial negativa (Almeida, 2012).

De modo semelhante ao SAR, o modelo de erro autorregressivo espacial – spatial error model (SEM) – acrescenta como variável defasada espacial o termo de erro, representado por W_ε . Dessa forma, λ é o parâmetro do erro autorregressivo espacial. Esse modelo é utilizado para os casos em que os erros são autocorrelacionados espacialmente, substituindo a defasagem sobre a variável dependente.

O modelo que considera tanto a defasagem espacial da variável dependente quanto a defasagem espacial do termo de erro é chamado de modelo de defasagem espacial com erro autorregressivo espacial (SARAR), de spatial autoregressive model with autoregressive error. Nesse caso, a regressão conta com os dois termos de defasagem (W_y e W_ε) e também os dois parâmetros (ρ e λ) (Anselin, 1988).

É importante informar que há outros modelos espaciais que consideram a defasagem espacial das variáveis independentes e, portanto, considera a variável independente W_x . Nesse caso, há a defasagem espacial para cada variável independente e seu respectivo parâmetro. O spatial durbin error model (SDEM) é o modelo SEM com a inclusão de W_x , e o spatial durbin model (SDM) é o SAR com o acréscimo da variável W_x .

Função de produção

Para analisar a produção da agricultura familiar, utiliza-se aqui a função de produção Cobb-Douglas para a estimação do modelo

espacial. Nesse tipo de análise, a produção pode ser estimada em valores nominais ou quantidades. Como o Censo Agropecuário de 2017 disponibiliza a forma agregada do VBP, aqui os dados serão utilizados em valores nominais.

De acordo com Almeida (2005, p.3), “Uma função de produção vincula a quantidade ou o valor dos bens produzidos ao conjunto de insumos utilizado no seu processo produtivo”.

A forma funcional definida para a regressão neste trabalho é do tipo Cobb-Douglas, por causa da boa aderência aos dados observados, significância estatística e também pela facilidade de interpretação dos resultados (Castro, 2002).

Um exemplo simples de uma função de produção é dado por

$$y = f(k, l, i, a) \quad (2)$$

em que a produção y é função do capital k , do trabalho l , dos insumos i e da tecnologia a . Conforme Almeida (2005), para estimar a regressão deve-se linearizar as diversas variáveis que compõem a função Cobb-Douglas espacial.

Dados

As variáveis utilizadas neste trabalho buscam explicar os valores de produção agropecuária dos agricultores familiares. Para isso, foram empregados os fatores que melhor se ajustam à função de produção Cobb-Douglas, que, conforme Baumol (1977), facilita a interpretação dos dados disponibilizados.

Para a variável explicada ou dependente, foi utilizado o valor de produção da agricultura e pecuária dos estabelecimentos identificados como agricultura familiar de cada município. A variável insumo (i) da função Cobb-Douglas foi empregada como área dos estabelecimentos da agricultura familiar, medida em hectares. A somatória do pessoal ocupado nos estabelecimentos representa o capital humano empregado (l), enquanto a somatória do número de tratores, implementos, máquinas, caminhões e utilitários

descreve o capital físico (k). Os dados foram obtidos do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019).

O consumo anual de energia elétrica (e), medido em Megawatt-hora (MWh), de todos os estabelecimentos rurais dos municípios representa a tecnologia empregada. Os dados de energia foram extraídos da base de dados abertos da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE), das Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc) e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (Ipardes), instituições dos três estados estudados, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Celesc, 2019; Dados RS, 2019; Ipardes, 2019).

Para analisar as políticas ligadas à agricultura familiar, foram utilizadas duas variáveis, sendo "Pronaf" a somatória dos valores contratados de 2017, em reais, de custeio, investimento, comercialização e industrialização do Pronaf, todos destinados à agricultura e à pecuária. A variável "Pnae" representa o valor gasto com agricultura familiar destinado às escolas de cada prefeitura, disponibilizado pelo FNDE – há um recurso destinado exclusivamente para a compra de alimentos da agricultura familiar. Os dados do Pronaf foram obtidos da Matriz de Crédito Rural do Banco Central, e os do Pnae foram do Portal de Dados Abertos do FNDE (Bacen, 2019; FNDE, 2019a).

Para possibilitar a comparação entre os municípios, todas as variáveis foram intensificadas pelo total de hectares dos estabelecimentos rurais dos municípios, com exceção do trabalho, intensificado pelo total de pessoas ocupadas nos estabelecimentos rurais, e do Pnae, que foi dividido pelo número de pessoas atendidas pelo programa, por município. Esses dados foram obtidos do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) e do FNDE (2019a), respectivamente.

Resultados e discussão

A variável dependente é o valor bruto da produção da agropecuária familiar, e o espaço geográfico são os 1.191 municípios da região Sul. Dessa forma, o valor esperado do I de Moran será $-[1/(1.191 - 1)] = -0,00084$. Para a produção

bruta da agricultura familiar dos municípios, foi adotada a matriz do tipo rainha, por causa da estrutura de contiguidade dos municípios. O I de Moran foi calculado pelo software livre GeoDa (Anselin et al., 2006) (Figura 1).

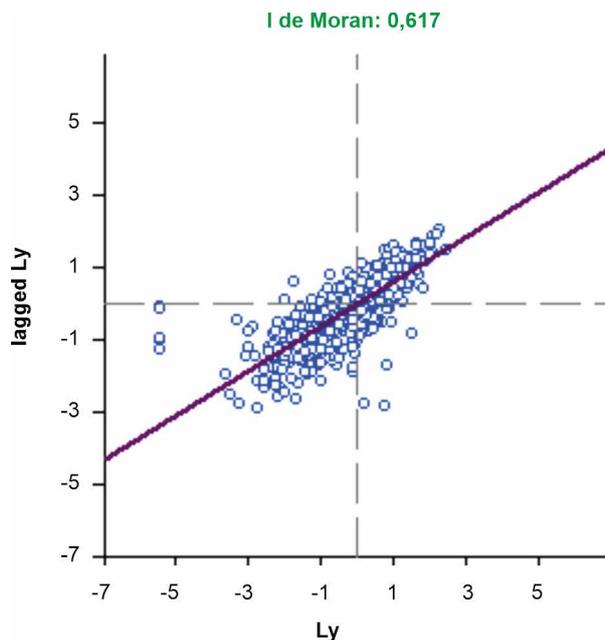


Figura 1. Diagrama de dispersão de Moran – VBP da agricultura familiar em 2017.

Como o valor calculado, 0,617, é maior do que o esperado, -0,00084, há indicação de forte autocorrelação positiva, e, portanto, os municípios com valores de produção altos estão cercados de municípios que também exibem valores altos. Figura 1 possui quatro quadrantes, que indicam a associação linear espacial e denotam os valores do I de Moran local e suas respectivas associações.

Os agrupamentos são mais bem visualizados no mapa de significância (Figura 2). O mapa, conhecido como Local Indicator of Spatial Association (LISA), destaca as unidades – os municípios – que exibem significância estatística do I de Moran local.

A maioria dos municípios associados estão em AA e agrupados no Centro Oriental Rio-Grandense, no extremo nordeste gaúcho e no Oeste Catarinense. Além desses, há peque-

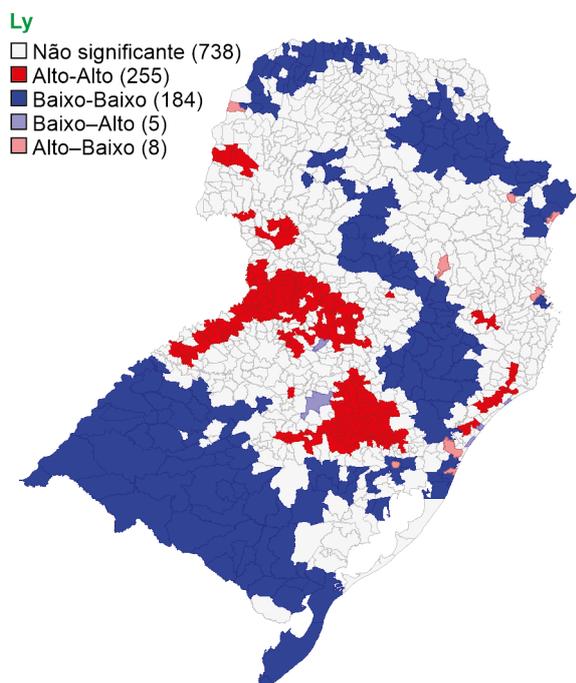


Figura 2. Clusters para o VBP da agricultura familiar (R\$ mil/ha) na região Sul em 2017.

nos polos a leste de Santa Catarina e as microrregiões de Toledo e de Francisco Beltrão, com municípios de maior área cultivável e também um histórico de forte participação da agricul-

tura familiar, conforme apontado por Pereira & Bazotti (2010).

Os municípios BB estão concentrados em quatro *clusters*, sendo o maior estabelecido continuamente no sul, sudoeste e oeste do Rio Grande do Sul. Outra concentração compreende os três estados – sul do Paraná, mesorregião Serrana de Santa Catarina e mais intensa no Nordeste Rio-Grandense. As mesorregiões Centro Oriental e Metropolitana de Curitiba também exibem associação BB. Esses três *clusters* citados representam, majoritariamente, municípios com grande extensão física e, portanto, possuem valores baixos de produção por causa da proporção menor da agricultura familiar. Por fim, o Noroeste Paranaense exibe um *cluster* BB próximo à divisa com os outros estados.

Para as associações BA e AB são poucos os municípios, 5 e 8, respectivamente.

Programas nacionais

O I de Moran bivariado apresentou autocorrelação positiva para os dois programas, Pronaf e Pnae, quando comparado com a variável endógena, o VBP da agricultura familiar (Figura 3).

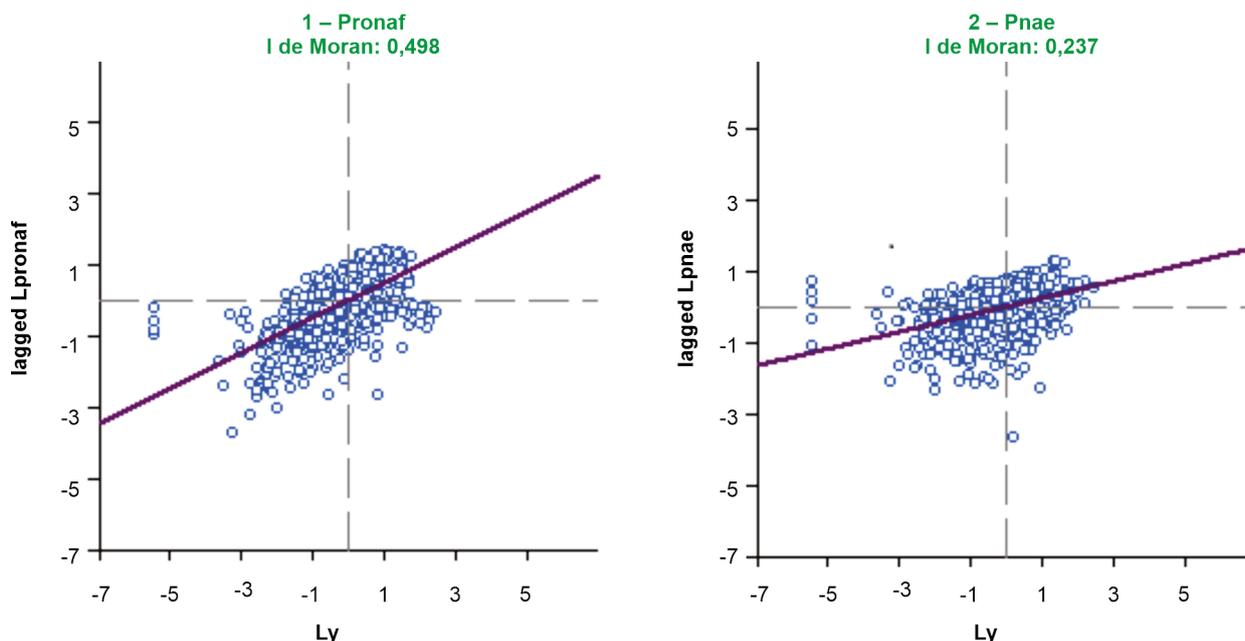


Figura 3. I de Moran bivariado da variável dependente com o Pronaf e o Pnae em 2017.

A autocorrelação espacial local foi maior para o Pronaf, 0,498. Dessa forma, o Pronaf dos municípios vizinhos tem efeito positivo no VBP do município analisado. Para o Pnae, o valor é 0,237, também indicando a correlação positiva entre as variáveis e municípios, mesmo que o cálculo tenha considerado alguns valores *outliers* – de municípios sem contratação do Pronaf ou que tenham dados disponibilizados do Pnae. A Figura 4 mostra os *clusters* da análise bivariada.

Os resultados mostram *clusters* muito parecidos com os apresentados na Figura 2, em que os municípios com os maiores VBP exibem maior valor médio de demanda do Pronaf. Uma diferença quanto ao que é mostrado na Figura 2 é que há mais municípios AA no Oeste e Sudoeste Paranaenses, regiões de considerável demanda pelo Pronaf, conforme apontado por Dutra et al. (2020).

Essas regiões ainda fazem parte de dois importantes *clusters* contíguos: norte do Rio Grande do Sul e Oeste Catarinense. Há tam-

bém outros municípios AA de destaque, como as microrregiões de Ituporanga, no leste, e de Araranguá, no sul catarinenses. Também para os municípios BB, os *clusters* são muito semelhantes aos do VBP, com quatro grandes clusters contíguos: o Noroeste Paranaense; o Centro Oriental Paranaense; a mesorregião Serrana de Santa Catarina; e o sul e sudoeste gaúchos.

No caso do Pnae, há uma maior dispersão entre os municípios; não há *clusters* contíguos com grande número de municípios, como no caso do Pronaf. Há regiões de municípios AA, como a microrregião de Chapecó e Concórdia, no oeste, e o litoral sul catarinenses, além das microrregiões de Caxias do Sul e Lajeado-Estrela, no centro do Rio Grande do Sul – no Paraná, apenas algumas cidades do sudoeste. Os clusters BB também são mais dispersos, com exceção do Sudoeste Rio-Grandense e do Centro Oriental do Paraná. Outras regiões com concentração de BB são o litoral e o noroeste paranaense e o centro-sul catarinense.

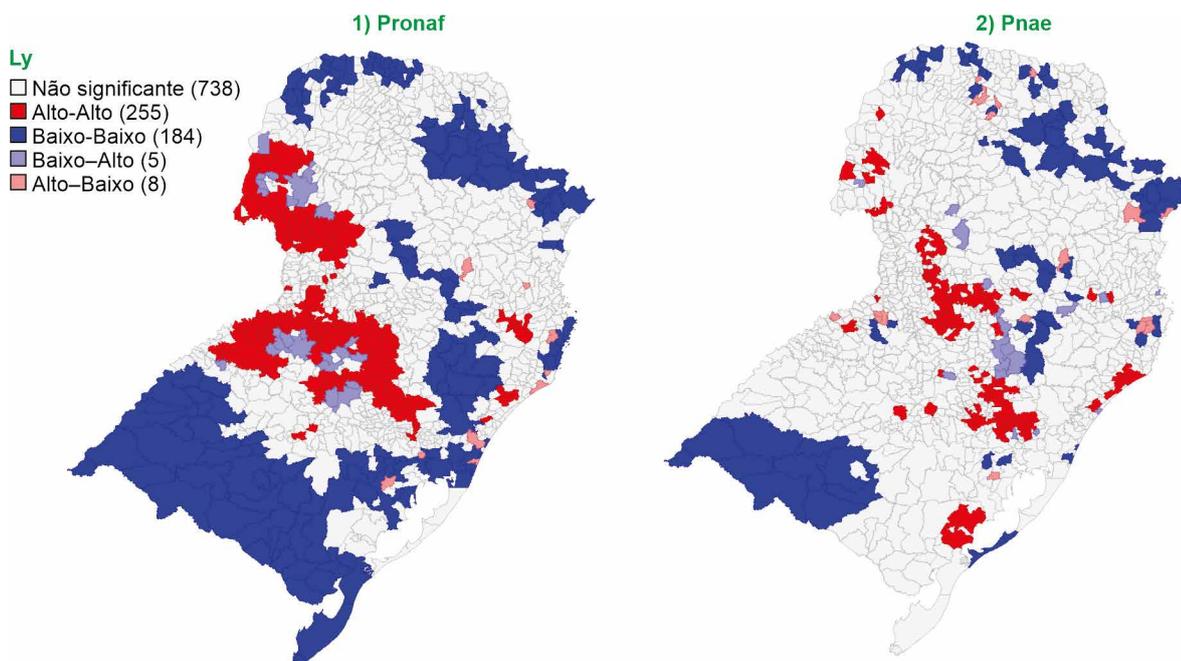


Figura 4. Clusters bivariados entre a variável dependente e o Pronaf (R\$/ha) e o Pnae (R\$/beneficiário) em 2017.

Modelagem econométrica

O modelo

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 a_t + \beta_2 k_t + \beta_3 l_t + \beta_4 e_t + \beta_5 \text{pronaf}_t + \beta_6 \text{pnae}_t \quad (3)$$

em que $t = 1, 2, 3, \dots, 1.191$ corresponde aos municípios da região Sul, foi estimado considerando a função de produção e os programas nacionais.

A Tabela 1 mostra os coeficientes de cada variável e os respectivos testes de significância.

O coeficiente de determinação (R^2) é elevado, o que indica que as variáveis se ajustam bem ao modelo, e o R^2 ajustado, que corrige o R^2 para as regressões múltiplas, também é elevado, e isso evidencia a qualidade do ajuste.

Quanto à constante, Almeida (2005) explica que numa função Cobb-Douglas ela tem o papel de ser o parâmetro de eficiência comum para todos os municípios – alta e significativa aqui. O coeficiente do Pronaf foi quase idêntico ao de energia elétrica e significativo, enquanto o do Pnae foi o menor, 0,037, e significado a 10%.

Os testes mostraram que há uma autocorrelação espacial, conforme o I de Moran, de 0,617 (Figura 1). A Tabela 2 mostra o diagnóstico dos testes do MCRL e dos testes de heterocedasticidade (Breusch-Pagan e Koenker-Bassett).

Tabela 1. Resultados da regressão linear por MQO.

Variável	Coefficiente	Erro padrão	T estatístico	Probabilidade (%)
Constante	6,4400	0,1302	49,4580	0,000
a	0,2696	0,0508	5,3060	0,000
l	0,4865	0,0822	5,9200	0,000
k	0,5412	0,0333	16,2400	0,000
e	0,0883	0,0140	6,3120	0,000
pronaf	0,0855	0,0182	4,6930	0,000
pnae	0,0369	0,0216	1,7100	8,750
R^2	0,7728			
R^2 ajustado	0,7717			
AIC	2.235,22			
SC	2.270,80			

Os testes de ML foram significativos para a variável dependente (dep.) e para os erros, bem como os testes de ML robusto. Entretanto, por causa do maior valor para os termos de erros, os modelos utilizados foram o SEM, o SDEM e o SARAR.

Conforme os testes de Breusch-Pagan e Koenker-Bassett, há rejeição da hipótese de homocedasticidade, e o teste Jarque-Bera, por ser significativo, rejeita a hipótese de normalidade dos erros e, portanto, não poderá ser estimado por máxima verossimilhança. Será então utilizado o método dos momentos para os modelos, conforme explicado por Kelejian & Prucha (1998).

Tabela 2. Diagnóstico do MCRL.

Teste	Valor	Probabilidade
Jarque-Bera	149.547,23	0,0000
Breuch-Pagan	1.061,38	0,0000
Koenker-Basset	37,81	0,0000
Multiplicador Lagrange (dep.)	159,34	0,0000
ML Robusto (dep.)	31,56	0,0000
Multiplicador Lagrange (erro)	185,11	0,0000
ML Robusto (erro)	57,33	0,0000

Conforme os testes de I de Moran e de ML, é indicado o uso de modelos espaciais para que sejam considerados os efeitos espaciais na regressão. A Tabela 3 mostra os resultados das regressões dos três modelos considerados na análise.

Tabela 3. Resultados das regressões espaciais.

Coefficientes	SEM	SARAR	SDEM
Constante	6,340 (0,000)	4,869 (0,000)	6,043 (0,000)
a	0,092 (0,081)	0,094 (0,066)	0,090 (0,086)
l	0,666 (0,000)	0,607 (0,000)	0,668 (0,000)
k	0,574 (0,000)	0,498 (0,000)	0,564 (0,000)
e	0,088 (0,000)	0,014 (0,000)	0,086 (0,000)
prona	0,083 (0,000)	0,068 (0,000)	0,080 (0,000)
pnae	0,030 (0,136)	0,013 (0,540)	0,036 (0,078)
ρ		0,232 (0,000)	
λ	0,416 (0,000)	0,208 (0,000)	0,094 (0,412) (0,000)
Wpnae			0,094 (0,044)
P. R ² ajustado	0,7705	0,7992	0,7716
SP. R ² ajustado		0,7759	

Os modelos apresentaram um valor considerável de ajuste, entre 0,77 e 0,79, e a maioria dos coeficientes foram significativos. Os coeficientes do MCRL mostram semelhança com os modelos espaciais, mas a variável trabalho (*l*) passou a ser o maior coeficiente em todos os modelos. A maioria das variáveis foi significativa a 0,01%, e a exceção é a área cultivada (*a*), com 10% nos três modelos.

Conforme o modelo SEM, o coeficiente λ , de elasticidade 0,416, indica que há uma autocorrelação positiva e, portanto, há um efeito que não é capturado pelas variáveis utilizadas. Um possível motivo desse erro seriam os preços, ou seja, regiões especializadas em determinada produção podem ter se beneficiado da alta de preços em 2017, distorcendo então o real VBP.

No modelo SARAR, o λ de 0,208 e o ρ de 0,232 indicam que há efeito positivo do VBP dos municípios vizinhos na produção local.

O modelo SDEM calcula o coeficiente do termo de erro e também a defasagem espacial de variáveis exógenas. Aqui, usa-se apenas a defasagem espacial do Pnae (*Wpnae*), pois as prefeituras não compram só dos agricultores familiares do próprio município, mas também de cidades vizinhas, evidenciando o efeito de transbordamento. A análise mostra que há efeito de cerca de nove centavos na produção da agricultura familiar quando há aumento do repasse médio do programa nos municípios vizinhos. Além disso, a variável Pnae foi significativa apenas nesse modelo, a 7,8%, indicando que o programa é mais efetivo à agricultura familiar de forma regional, enquanto possui efeito sucinto para os municípios individualmente.

Por fim, o Pronaf foi significativo em todos os modelos, com coeficiente próximo ao do MCRL, de 0,086. A exceção ocorreu no SARAR, cujo coeficiente foi 0,068. Os resultados indicam que o Pronaf é um importante programa para o fomento da agricultura familiar, cumprindo seu propósito de fornecer crédito para a aquisição de capital físico e investimentos em tecnologia e capital humano.

Considerações finais

Dos programas do governo federal de apoio à agricultura familiar, o Pronaf, para facilitar o acesso ao crédito, e o Pnae, para garantir a compra de alimentos para a merenda escolar, têm se revelado de grande importância para a geração de renda e de alimentos de qualidade para estudantes e servidores.

Este trabalho investigou os efeitos desses programas na região Sul, região com forte participação da agricultura familiar. Com o uso da Aede, foi possível identificar que o Centro Oriental e o Extremo Nordeste do Rio Grande do Sul se destacam no estado. Santa Catarina exibiu um *cluster* de alta produção no oeste do estado, próximo à fronteira com o Rio Grande do Sul. No Paraná, há pequenos polos na região de Toledo e de Francisco Beltrão. Essas regiões também apresentaram a maior autocorrelação com o Pronaf, com o acréscimo do Oeste e do Sudoeste Paranaenses. Para o Pnae, os efeitos foram dispersos por toda a região Sul.

Pelo MCRL, os parâmetros do modelo baseado na função Cobb-Douglas se mostraram muito significativos e com elasticidade positiva elevada – área, capital e trabalho. O fator energia, representando a tecnologia, foi significativo, mas com elasticidade menor. O Pronaf e o Pnae se mostraram significativos a 0,01% e 8,76%, respectivamente, ou seja, esses programas apresentam efeitos positivos no crescimento do VBP (principalmente o Pronaf).

Nas estimações com modelos com defasagem espacial, as variáveis não sofreram grandes alterações em comparação com o caso da linear clássica, e foram significantes as defasagens espaciais da variável dependente e também do erro, o que mostra que há impacto da produção dos municípios vizinhos e também que alguma variável exógena ao modelo afeta a produção – o preço poderia afetar as regiões especializadas em algum produto cujo valor estava alto em 2017. No modelo SDEM, é também significativa a variável de defasagem do Pnae, indicando que há efeitos de transbordamento do programa por causa da compra de merenda escolar das prefeituras da região.

Os resultados sugerem que o Pnae é o de maior sucesso para a região como um todo, destacando o efeito *spill-over*, mas o Pronaf foi significativo em todos os modelos, indicando sua importância no fomento da agricultura familiar.

Por fim, destaca-se que o uso do valor bruto da produção pode ter afetado a defasagem espacial do termo de erro.

Referências

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Alínea, 2012.
- ALMEIDA, E.S. de. Função de produção agropecuária espacial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 43.; INTERNATIONAL PENSA CONFERENCE ON AGRI-FOOD CHAIN/NETWORKS ECONOMICS AND MANAGEMENT, 5., 2005, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: SOBER, 2005. 1 CD-ROM.
- ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: PAINHO, M. (Ed.). **New tools for spatial analysis: proceedings of the workshop Lisbon, 18 to 20 November 1993**. Luxemburgo: EuroStat, 1994. p.45-54.
- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht: Springer, 1988.
- ANSELIN, L. Spatial externalities, spatial multipliers and spatial econometrics. **International Regional Science Review**, v.26, p.153-166, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1177/0160017602250972>.
- ANSELIN, L.; IBNU, S.; YOUNG, K. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. **Geographical Analysis**, v.38, p.5-22, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0016-7363.2005.00671.x>.
- BACEN. Banco Central do Brasil. **Matriz de Dados do Crédito Rural - Contratações**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/estabilidade/financeira/micrrural>>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BAUMOL, W.J. **Economic theory and operations analysis**. 4th ed. London: Prentice-Hall, 1977.
- BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**, 25 jul. 2006. Seção1, p.1.
- BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei nº 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 17 jun. 2009. Seção1, p.2-4.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura familiar**. 2019a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/agricultura-familiar/agricultura-familiar-1>>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura familiar emprega mais de**

10 milhões de pessoas, mostra Censo Agropecuário.

2019b. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/agricultura-familiar-emprega-mais-de-10-milhoes-de-pessoas-mostra-censo-agropecuario>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

CASTRO, N. de. Custo de transporte e produção agrícola no Brasil, 1970-1996. **Revista Agricultura em São Paulo**, v.49, p.87-109, 2002.

CELESC. Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. **Dados de consumo**. Disponível em: <<https://www.celesc.com.br/home/mercado-de-energia/dados-de-consumo>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CLIFF, A.D.; ORD, K. Spatial autocorrelation: a review of existing and new measures with applications. **Economic Geography**, v.46, p.269-292, 1970. DOI: <https://doi.org/10.2307/143144>.

DADOS RS. **Energia Elétrica - Consumo - Rural**. Disponível em: <<https://dados.rs.gov.br/dataset/fee-consumo-rural-100847>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

DUTRA, I.J.B.; PORCE, M.; MICHELLON, E. Análise do PRONAF nas mesorregiões do Paraná (2013-2018). **Revista Orbis Latina**, v.10, p.157-172, 2020.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Dados Abertos: PNAE**. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/dadosabertos/organization/pnae>>. Acesso em: 13 nov. 2019a.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Programa Nacional de Alimentação Escolar**. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/programas/pnae>>. Acesso em: 22 nov. 2019b.

GUILHOTO, J.J.M.; AZZONI, C.R.; SILVEIRA, F.G.; ICHIHARA, S.M.; DINIZ, B.P.C.; MOREIRA, G.R.C. **PIB da agricultura familiar: Brasil-Estados**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2007. (NEAD Estudos, 19).

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2019.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Base de Dados do Estado - BDEweb**. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

KELEJIAN, H.H.; PRUCHA, I.R. A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. **The Journal of Real Estate Finance and Economics**, v.17, p.99-121, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1007707430416>.

MORAN, P.A.P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v.10, p.243-251, 1948. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>.

OLIVEIRA, R.A.; BUENO, L.R. O impacto do financiamento do PRONAF sobre indicadores agrícolas nas lavouras do Estado do Paraná: uma análise de dados em painel. **Redes**, v.24, p.292-309, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17058/redes.v24i1.7599>.

PEREIRA, V.V.V.R.; BAZOTTI, A. **Ruralidade, agricultura familiar e desenvolvimento**. Curitiba: Iparde, 2010. (Nota técnica Ipardes, nº 16).

PEROBELLI, F.S.; ALMEIDA, E.S.; ALVIM, M.I.S.; FERREIRA, P.G.C.A. Análise espacial da produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 43.; INTERNATIONAL PENSA CONFERENCE ON AGRI-FOOD CHAIN/NETWORKS ECONOMICS AND MANAGEMENT, 5., 2005, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: SOBER, 2005. 1 CD-ROM.

PINHEIRO, M.A.; PARRÉ, J.L.; LOPES, R.L. Um estudo exploratório sobre os efeitos espaciais na agropecuária paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SOBER, 2006.

PRETTO, J.M.; HORN, C.H. Uma avaliação do PRONAF no período 1995-2018. **Colóquio - Revista do Desenvolvimento Regional**, v.17, p.35-49, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26767/coloquio.v17i1.1577>.

ROCHA, C.B.; PARRÉ, J.L. Estudo da distribuição espacial do setor agropecuário do Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**, ano27, p.139-160, 2009. DOI: <https://doi.org/10.22456/2176-5456.5159>.

SCHABARUM, J.C.; TRICHES, R.M. Aquisição de produtos da agricultura familiar em Municípios Paranaenses: análise dos produtos comercializados e dos preços praticados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.57, p.49-62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790570103>.

STOFFEL, J. Agricultura familiar nos Estados da Região Sul do Brasil: caracterização a partir dos dados do censo agropecuário de 2006. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 6., 2012, Porto Alegre. [Anais]. Porto Alegre: [PUC/RS], 2012.

THIES, V.F.; GRISA, C.; SCHNEIDER, S.; BELIK, W. Potencial das compras públicas como mercado para a agricultura familiar - uma análise do PNAE entre 2011-2014. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 54., 2016, Maceió. **Desenvolvimento, território e biodiversidade: anais**. Maceió: Sober, 2016.

TRICHES, R.M.; SIMONETTI, M.G.; CASSARINO, J.P.; BACCARIN, J.G.; TEO, C.R.P.A. Condicionantes e limitantes na aquisição de produtos da agricultura familiar pelo Programa de Alimentação Escolar no estado do Paraná. **Redes**, v.24, p.118-137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17058/redes.v24i1.11713>.