

DIFUSÃO DE TECNOLOGIA NA AGROPECUÁRIA: uma análise de correspondência múltipla para as microrregiões brasileiras

Alexandre de Queiroz Stein¹
Pedro Vasconcelos Maia do Amaral²
Marcelo Antonio Conterato³

¹ CEDEPLAR/UFMG – Bolsista CNPQ – queiroz.stein@gmail.com

² CEDEPLAR/UFMG – pedrovma@cedeplar.ufmg.br

³ PGDR /UFRGS – marcelo.conterato@ufrgs.br

Resumo

O objetivo do trabalho é mapear a heterogeneidade tecnológica empregada na agropecuária brasileira. Foi criado um indicador de intensidade tecnológica para as 558 microrregiões brasileiras a partir de 28 variáveis sobre características técnicas dos estabelecimentos agropecuários, selecionadas no Censo Agropecuário 2006 do IBGE. Para criar o índice foi aplicado o método de análise de correspondência múltipla “Homogeneity Analysis by Means of Least Squares” (HOMALS). Após, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais. Verificou-se grande heterogeneidade tecnológica no país, com alta intensidade tecnológica nas microrregiões do Sul e Sudeste e baixa intensidade nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Palavras-chave: heterogeneidade estrutural, agropecuária, tecnologia, análise de correspondência, análise espacial

Área temática 2: Teoria Econômica e Economia Aplicada

HETEROGENEIDADE TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA: uma análise multivariada a partir do Censo Agropecuário 2006

Alexandre de Queiroz Stein, Pedro Vasconcelos Maia do Amaral e Marcelo Antonio Conterato

1. Introdução

O ambiente rural brasileiro é marcado por uma ampla diversidade de formas de vida, que se diferenciam tanto pelas relações sociais e de produção como pela estrutura produtiva de cada região. Pode-se dizer que há um consenso, na literatura de desenvolvimento rural, de que no Brasil é marcante a heterogeneidade estrutural na agropecuária, o que é caracterizado em termos gerais pelas desigualdades inter e intrarregiões.

A versão mais conhecida dessa perspectiva é expressa pela concepção dualista de que convivem no país um setor de agricultura moderna e outro de agricultura atrasada. O primeiro, seria marcado por alta produtividade dos estabelecimentos, com relações de trabalho e produção que tendem a ser mais capitalistas e de forma generalista é associado à chamada agricultura não familiar. Já o segundo seria caracterizado por pequenos estabelecimentos, de baixa produtividade, voltadas à produção de subsistência ou venda aos mercados locais, e estaria associado à chamada agricultura familiar. Entretanto, sabe-se que tal dualismo representa uma caricatura de uma realidade muito mais complexa e heterogênea, como afirma Belik (2015). Aquino et al (2018) vão além, e argumentam que, quando é realizada a oposição dualista, acaba-se por tomar a média dos indicadores das categorias "familiar" e "patronal" que mascaram a realidade e contribuem para a existência de políticas públicas enviesada e que não entregam os melhores resultados possíveis à população. Ficar preso a categorias desenvolvidas a partir de determinada abordagem, seja ela empírica ou teórica, é um risco analítico muito grande para o estudo de fenômenos reais que são essencialmente multidimensionais, pois sua natureza demanda um tratamento diferenciado.

Por esses motivos, retratar a heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro coloca-se como um desafio de grande importância. Dentre os trabalhos que buscam descrever e entender a ampla diversidade da produção agropecuária e da vida no meio rural brasileiro, e que conseqüentemente abordam a diversidade existente, pode-se destacar Santos e Vieira Filho (2012), Schneider e Cassol (2013), Kageyama et al (2013), Belik (2015), Sambuichi(2014, 2016), Vasconcelos e Ferreira(2014), Vieira Filho e Fishlow (2017), Aquino et al (2018) entre outros. Entretanto, ainda não há um consenso sobre quais os melhores indicadores a serem utilizados para retratar esse fenômeno. Isso ocorre devido à natureza da heterogeneidade estrutural, que segundo Santos e Vieira Filho (2012) é composta tanto por fatores estáticos – que dizem respeito ao ambiente econômico e não dependem da decisão individual de alocação dos agentes – quanto por fatores dinâmicos, da produção, que estão associados à decisão individual.

No presente trabalho buscaremos explorar uma das diversas facetas da heterogeneidade estrutural, que diz respeito às discrepâncias técnicas na produção agropecuária entre as regiões. Escolhemos tal aspecto, porque há relativa aceitação da hipótese de que as diferenças na agropecuária entre as regiões estão fortemente conectadas com a propagação desigual dos avanços tecnológicos (SANTOS e VIEIRA FILHO, 2012; SAMBUICHE et al, 2014, 2016; VASCONCELOS E FERREIRA, 2014; VIEIRA FILHO e FISHLOW, 2017). Tal hipótese é bem descrita pela passagem abaixo:

A hipótese básica é que as inovações tecnológicas guiadas por mudanças institucionais e as especificidades regionais e produtivas conduzem a uma maior desigualdade na produção e no crescimento agropecuário, favorecendo os espaços organizacionais dinâmicos e inovadores em detrimento da estagnação das regiões marginalizadas da moderna produção. (VIEIRA FILHO e FISHLOW, 2017, p. 177)

Existem na literatura diversos trabalhos que discutem a geração, adoção, difusão e os efeitos de novas tecnologias no meio rural, cuja abordagem teórica varia do arcabouço neoclássico até uma perspectiva neoschumpeteriana¹. Entretanto, não se constatou a existência de um trabalho empírico robusto que permitisse inferir sobre a intensidade e a distribuição espacial do uso de tecnologias na agropecuária brasileira. O trabalho de Lemos et al (2003) e Campos et al (2014), que realizam análises multivariadas para a agropecuária mineira, são exemplos de como ultrapassar a simples análise das estatísticas descritivas pode colaborar para o entendimento da realidade do meio rural.

Assim sendo, o objetivo geral desse trabalho é proporcionar ao leitor uma compreensão mais completa sobre a heterogeneidade da agricultura brasileira no que se refere ao uso de tecnologias². As perguntas que guiam o presente trabalho são as seguintes: qual a intensidade de uso de tecnologia nas diferentes regiões brasileiras? Existe grande heterogeneidade entre as regiões nesse quesito? Onde se localizam as regiões brasileira de maior e menor intensidade tecnológica? Para tal, desenvolveu-se um índice de tecnologia para as microrregiões através da agregação de indicadores sobre as técnicas utilizadas na produção, valendo-se de uma análise multivariada de correspondência múltipla em que se utiliza o método HOMALS (*Homogeneity Analysis by Means of Least Squares*). Além disso, para explorar os resultados foi realizada uma análise descritiva da relação entre o índice de tecnologia e variáveis de produtividade, desigualdade fundiária, tamanho médio dos estabelecimentos rurais e um indicador educacional. Ao final, foi realizada uma análise exploratória sobre a distribuição espacial do índice de tecnologia desenvolvido.

2. METODOLOGIA

2.1 Base de dados e descrição das variáveis

Foram utilizados os dados do Censo Agropecuário do IBGE, para o ano de 2006, disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Apesar da defasagem temporal dessa base, ela é a única que apresenta informações consistentes sobre características dos estabelecimentos agropecuários para todo o Brasil no quesito utilização de técnicas produtivas. Como recorte regional, foram utilizadas as 558 microrregiões brasileiras. É importante destacar que o Censo Agropecuário apresenta um critério de não individualização da produção que suprime a informação ao constatar que uma variável apresenta menos de três estabelecimentos na região com determinada característica. Na ocorrência desses casos, optou-se por aferir o valor zero para aquela variável, naquela observação. Como será mostrado mais adiante, foi necessário realizar a transformação dos indicadores em variáveis categóricas

¹ Para uma introdução geral ver os trabalhos de Souza Filho et al (2004), Gastal (1986), Paiva (1971), Silveira (2014), Vieira Filho (2014) e Vieira Filho e Fishlow (2017).

² Tecnologia foi o termo utilizado nesse trabalho para descrever a intensidade que uma região apresenta tanto no uso de técnicas produtivas que poupam mão de obra e terra, quanto na infraestrutura encontrada dentro e fora dos estabelecimentos. Entretanto é plausível o questionamento se o termo foi utilizado aqui de maneira adequada, dada a ausência de discussão conceitual sobre esse termo no artigo.

considerando apenas os valores acima da média, o que reduz um ocasional viés causado pelas observações faltantes.

Foram encontrados poucos trabalhos com objetivo similar, assim, a seleção de variáveis realizada foi uma decisão *ad hoc*. Foram selecionadas 30 variáveis que retratassem cinco âmbitos diferentes da intensidade tecnológica nas regiões: (i) mecanização; (ii) utilização de defensivos; (iii) preparo do solo; (iv) infraestrutura; e (v) outras variáveis. Para poder comparar microrregiões com área e número de estabelecimentos diferentes, as variáveis foram utilizadas em termos relativos e as transformações realizadas em cada variável para tal fim são apresentadas na tabela de descrição das variáveis no apêndice³.

2.2 Escolha do método e manipulação das variáveis

Sendo o objetivo do trabalho criar um indicador de intensidade tecnológica que permita compreender melhor a heterogeneidade existente na agropecuária brasileira, inicialmente, duas técnicas de análise multivariada apareciam como possíveis caminhos: (i) a análise de componentes principais (ACP) e (ii) a análise de homogeneidade por meio de mínimos quadrados (HOMALS).

Ambas as técnicas servem o propósito de agregar diversas variáveis correlacionadas em poucos indicadores que mantenham a maior parte da variância do sistema original. A principal diferença entre os dois métodos é a natureza das variáveis que serão utilizadas. Usualmente, a ACP é utilizada quando o trabalho é realizado com variáveis contínuas e HOMALS é destinado a sistemas com variáveis categóricas. Dado que as variáveis de interesse nesse caso são contínuas, pois foram transformadas em percentuais do total de estabelecimentos de cada microrregião ou em unidades por área, a escolha natural seria a utilização da ACP. Entretanto não foi possível reunir em poucos componentes uma variância representativa do sistema como um todo (os melhores resultados alcançaram cerca de 60% da variância do sistema). Isso deve-se justamente à enorme heterogeneidade entre as microrregiões, o que leva ao baixo nível de correlação entre as variáveis e dificulta a condensação da informação em poucas variáveis. Assim sendo, optou-se por utilizar a análise de homogeneidades (HOMALS), que levou a resultados mais interessantes, apesar da perda essencial de informação quando da transformação de variáveis contínuas em dicotômicas.

A ideia de transformar as variáveis contínuas em variáveis categóricas foi inspirada no trabalho de Rodrigues e Simões (2004), apesar das diferenças no método de transformação⁴. Para discretizar as variáveis foi tomada como base a seguinte regra: se a região c possui o valor da variável k maior do que a média aritmética dessa variável, atribuiu-se o valor 1, caso contrário atribuiu-se o valor zero. X_{ck} indica o valor da variável k na região c ⁵ antes da transformação e Z_{ck} refere-se ao valor após a transformação.

³ Por exemplo, a variável que apresentava o número de colheitadeiras foi dividida pela área total dos estabelecimentos, obtendo o número de colheitadeiras por hectare. A variável irrigação, que apresentava o número de estabelecimentos de cada microrregião que possuía irrigação, foi dividida pelo número total de estabelecimentos, de forma que se obteve o percentual de estabelecimentos da região que possuíam irrigação.

⁴ Rodrigues e Simões (2004) transformam as variáveis contínuas em 4 categorias de intensidades. Aqui optou-se por utilizar apenas duas.

⁵ X_{ck} já considera o valor após a divisão de cada variável em relação à área ou número de estabelecimentos, conforme apresentado na tabela 1, portanto contava com valores entre 0 e 1.

$$Z_{ck} = \begin{cases} 1, & \text{se } X_{ck} \geq \bar{X}_k \\ 0, & \text{se } X_{ck} < \bar{X}_k \end{cases}$$

Dessa forma, as regiões que apresentaram determinada característica com uma intensidade maior do que a média foram consideradas como sendo dotadas dessa característica, enquanto as demais não. Aqui gerou-se um problema que não foi possível contornar, que é a perda de informação dada pela desconsideração de casos intermediários, como é o caso daquelas regiões que estão próximas à média, mas ligeiramente abaixo. Foram testadas outras regras de transformação, utilizando como ponto de corte os valores da mediana da distribuição de cada variável, os quartis e os decis. Entretanto, essas outras regras acabavam por desconsiderar a assimetria de distribuição nas variáveis. Ao utilizar a média de cada variável, permitiu-se que no caso em que há uma assimetria à direita (ou negativa) na distribuição, em que poucas microrregiões tem um valor alto para aquela variável, menor quantidade de valores 1 sejam atribuídos, pois a média apresenta um valor mais alto que a mediana. O caso análogo também ocorre, pois quando uma característica é muito comum sua distribuição apresenta uma assimetria à esquerda, com a média sendo menor que a mediana de forma que forma foi atribuído um número maior de valores 1. Em outras palavras, considerar a média em vez da mediana leva à que mais (menos) regiões sejam consideradas portadoras de uma característica que é abundante (escassa), valorizando o fato de que existem tecnologias mais comuns e tecnologias mais raras.

2.3 Método HOMALS

O método de análise correspondência múltipla - ACM ou HOMALS - tem como principal objetivo identificar grupos de indivíduos (unidade de análise) que apresentam certa semelhança em relação ao comportamento de um conjunto de variáveis. Busca-se reunir informações de um conjunto inicial de variáveis em poucas dimensões que permitam um entendimento mais fácil do conjunto do sistema e preserve a variabilidade desse conjunto. O método é desenvolvido para trabalhar com variáveis categóricas. Ou seja, para cada variável é possível elencar uma série de categorias diferentes, cujo indivíduo em questão pode possuir ou não. No presente trabalho o indivíduo é a microrregião e cada variável conta com duas categorias que são: apresentar intensidade na utilização de determinada tecnologia ou não apresentar intensidade.

Para calcular a proximidade entre duas categorias p e q quaisquer, utiliza-se o critério abaixo, em que B_{pq} é a quantidade de indivíduos que apresentaram valor 1 simultaneamente para as categorias p e q , B_p representa a quantidade de indivíduos que apresentaram 1 na categoria p e B_q representa a quantidade de indivíduos que apresentaram 1 na categoria q . Por fim, n refere-se à quantidade total de indivíduos.

$$d_{p,q}^2 = (B_{pp} + B_{qq} - 2 \cdot B_{pq}) \cdot \frac{1}{\left(\frac{B_{qq} \cdot B_{pp}}{n}\right)}$$

Observando o numerador é possível perceber que maior será a distância entre duas variáveis quanto maior a diferença entre o número de indivíduos que possui as categorias p ou q e o número de indivíduos que possui as duas categorias. Além disso, quanto maior for a frequência das categorias em relação ao total de indivíduos, menor será a distância, devido ao termo que se encontra no denominador da expressão. Ou seja, de forma geral é possível

interpretar que a proximidade entre duas categorias quaisquer será maior quanto maior for a ocorrência conjunta delas e quanto maiores forem as frequências absolutas de cada uma.

Como afirmam Rodrigues e Simões (2004, p. 214), é possível concluir que duas categorias de uma mesma variável que forem mutuamente exclusivas não estarão próximas, enquanto duas categorias que sempre são encontradas conjuntamente estarão representadas no mesmo ponto na representação gráfica. Além disso, categorias que aparecem raramente tendem se apresentar afastadas de todas as demais.

2.4 I de Moran

Uma vez obtido um índice de tecnologia que permita aferir sobre o nível tecnológico na agricultura das microrregiões, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais, visando identificar padrões na distribuição da tecnologia no espaço. Foi utilizada a estatística I de Moran, considerando uma matriz de pesos espaciais de contiguidade do tipo rainha de ordem 1, em que qualquer ponto de contato direto entre duas regiões é suficiente para que elas sejam consideradas vizinhas.

As estatísticas I de Moran Global e I de Moran Local, são indicadores de autocorrelação espacial adequados para variáveis contínuas. Com o primeiro, busca-se verificar se existe um padrão de distribuição espacial da variável em questão quando se considera todas as observações conjuntamente, ou seja, busca-se entender se existe algum tipo de aglomeração, mesmo que não se olhe a localização específica de onde isso ocorre. Essa estatística é calculada de acordo com a fórmula abaixo⁶, adaptada de Silva et al (2012, p. 345), em que W_{cd} indica vizinhança entre a região c e a região d , T_c representa a diferença da variável que se quer testar (que nesse trabalho é a variável de tecnologia desenvolvida através da ACP) em relação à média aritmética dessa variável e n é o número de observações (microrregiões, nesse caso).

$$I = \frac{n}{\sum_c \sum_d W_{cd}} \frac{\sum_c \sum_d W_{cd} (T_c T_d)}{\sum_c T_c^2}$$

O cálculo do I de Moran local é semelhante, mas como apresentado abaixo, há uma multiplicação direta entre W_{cd} e T_c dentro do somatório, que indica que somente as vizinhanças locais realmente influenciam no cálculo. O I de Moran local é um indicador muito interessante pois permite verificar quais localidades representam aglomerados, ou seja, onde ocorre aglomeração. O cálculo desse indicador é dado por:

$$I_c = \frac{T_c \sum_d W_{cd} (T_d)}{\sum_d T_d^2 / n}$$

Após calcular esses dois indicadores, realiza-se o teste para autocorrelação espacial, ou seja, testa-se se há dependência entre a variável e ela mesma com uma defasagem no espaço. A hipótese nula é que o espaço não importa, ou seja, que não há um padrão de distribuição espacial, de forma que a probabilidade da variável assumir determinado valor é a mesma em qualquer lugar.

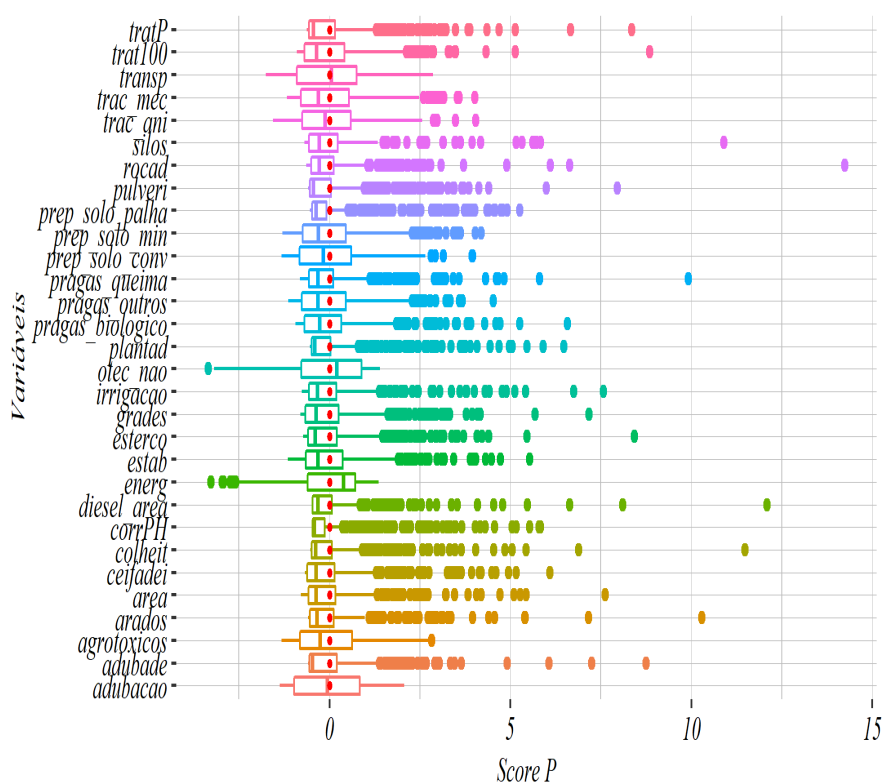
⁶ Devido às outras fórmulas presentes no trabalho, optou-se por alterar as notações usuais da apresentação do I de Moran, em que normalmente se utiliza i e j para as observações, X para a variável em questão e Z_i para o desvio.

3. Resultados

3.1 Estatísticas descritivas

Antes de aplicar os métodos propostos é interessante apresentar estatísticas descritivas das variáveis utilizadas pois elas permitem ter uma boa compreensão prévia sobre a assimetria de incorporação de tecnologia, a partir da avaliação de quais tecnologias têm uma distribuição mais uniforme e quais apresentam maiores assimetrias. Para poder podermos compará-las, realizou-se uma padronização das variáveis para um escore padronizado P , que é dado pela diferença entre o valor da variável e sua média aritmética, dividido pelo desvio padrão da distribuição. Dessa forma se obtém o número de desvios de cada observação em relação à média.

Figura 1 – Distribuição das variáveis padronizadas pelo escore P



Fonte: Censo agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

É importante salientar que essa análise é totalmente relativa dentro de cada variável. Isso significa que se está observando o quanto as microrregiões estão distantes da média da variável para o país, independente se essa média é alta ou baixa. Por exemplo, se houver uma microrregião em que 50% dos estabelecimentos utilizam energia elétrica, ela aparecerá como pouco dotada dessa característica, pois na média 73% dos estabelecimentos das microrregiões em todo o Brasil utilizam energia elétrica. O análogo é válido para microrregiões que apresentem valores absolutos baixos mas acima da média nacional. Escolheu-se esse tipo de avaliação pois permite inferir sobre a homogeneidade da distribuição das variáveis.

Como é possível notar na figura 1, a grande maioria das variáveis apresenta uma distribuição assimétrica à direita, com muitos *outliers* positivos, e com a média da distribuição

(indicada pelo ponto vermelho dentro de cada box) maior do que a mediana (indicada pela linha em cada box). Nessas variáveis, a maior parte das observações apresenta valores abaixo da média. Em consequência disso, a maioria das regiões receberá o valor zero quando as variáveis forem transformadas em categóricas para a aplicação da análise de correspondência múltipla. Esse formato de distribuição indica que, entre a microrregião de maior intensidade nessa tecnologia e a microrregião de menor intensidade, o padrão é que a maioria das microrregiões estejam próximas à região de menor intensidade. Ou seja, o padrão é que as microrregiões sejam pouco intensas na utilização dessa tecnologia, em termos relativos.

Apresentando uma distribuição assimétrica à esquerda estão apenas as variáveis de energia e não recebimento de orientação técnica⁷. Esse formato de distribuição indica que a maioria das microrregiões tem um percentual de estabelecimentos com acesso à energia elétrica e um percentual de estabelecimentos que não recebe orientação técnica que é muito semelhante à microrregião do país que tem os maiores percentuais nessas duas variáveis. Ou seja, são raras as microrregiões em que tem a maioria dos estabelecimentos não utilizam energia e tem alto acesso à orientação técnica, em termos relativos.

As variáveis adubação, agrotóxicos e transporte apresentam uma distribuição com assimetria menor do que as demais, com poucos *outliers* positivos e negativos, ou seja, as observações estão bem distribuídas em torno da média, indicando que há um número semelhante de microrregiões próximas à região de mais alta intensidade e de menor intensidade nessas variáveis.

Por fim, é interessante salientar que a maioria das variáveis apresentam uma variância elevada. Isso indica que de forma geral sempre é possível encontrar microrregiões com grandes discrepâncias no uso dessas tecnologias, em termos relativos, o que reflete justamente a heterogeneidade de acesso à tecnologia na produção agropecuária.

Para a aplicação do método HOMALS não serão incluídas as variáveis que dizem respeito ao número total de estabelecimentos e ao total de área, pois elas foram utilizadas somente para relativizar as outras variáveis, tornando-as comparáveis entre as microrregiões. Portanto nosso sistema contará com 28 variáveis.

3.2 Homogeneity Analysis by Means of Least Squares - HOMALS

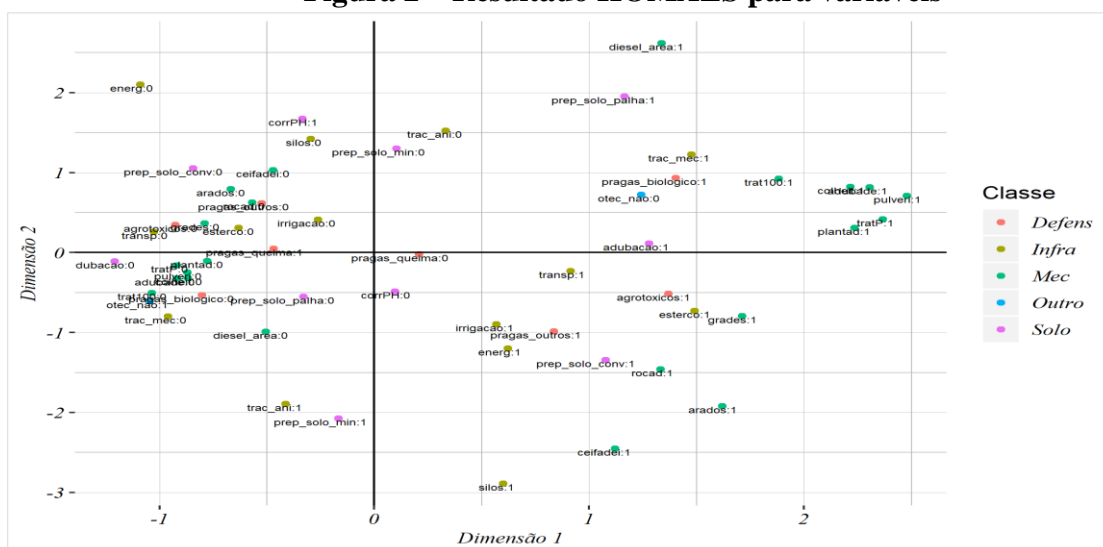
Ao aplicar o método HOMALS, foi possível reunir 87,6% da variância do sistema em apenas duas novas dimensões (ou componentes). Ou seja, foi possível obter dois novos indicadores que substituem as 28 variáveis originais, sem perda significativa de informação. As dimensões 1 e 2 representam 83,6% e 4,0% da variância do sistema original, respectivamente. Por esse ângulo, o foco da análise será a dimensão 1, que chamaremos de "Índice de Tecnologia".

Para realizar a análise é interesse primeiro pensar sobre o que representa a posição das variáveis na figura 2. Cada variável que foi elencada é apresentada em dois pontos no plano cartesiano, pois cada ponto representa uma categoria de uma variável. Assim, quando duas categorias se aproximam, é possível afirmar que essas categorias tem uma relação entre si. Por exemplo, se a categoria 1 da variável adubação (que indica intensidade no uso de adubação) aparece próxima da categoria 1 da variável agrotóxicos, é possível dizer que regiões que são intensivas no uso de adubação tendem a ser intensivas também no uso de agrotóxicos.

⁷ Utilizou-se a variável "não recebimento de orientação técnica" pois na variável recebimento havia sobreposição entre a origem da orientação técnica recebida, de forma que a soma entre as categorias superava o total de estabelecimentos das microrregiões.

No gráfico abaixo, em relação à dimensão 1 (eixo x) fica clara a formação de dois grupos, um à direita, com valores maiores para essa dimensão, e outro à esquerda, com valores negativos. **Aqui está o resultado mais importante que o modelo apresentou: a dimensão 1 expressa claramente intensidade tecnológica.** Isso fica evidente quando se observa que todas as categorias que aparecem à direita são referentes à presença de intensidade tecnológica. À medida que caminhamos para valores negativos, nessa dimensão, começam a surgir as categorias marcadas com zero, o que indica que aquelas técnicas de produção não são utilizadas. Ou seja, nessa perspectiva quanto maior o valor da dimensão 1, mais tecnologia aquela categoria está indicando⁸.

Figura 2 – Resultado HOMALS para variáveis



Fonte: Elaboração Própria.

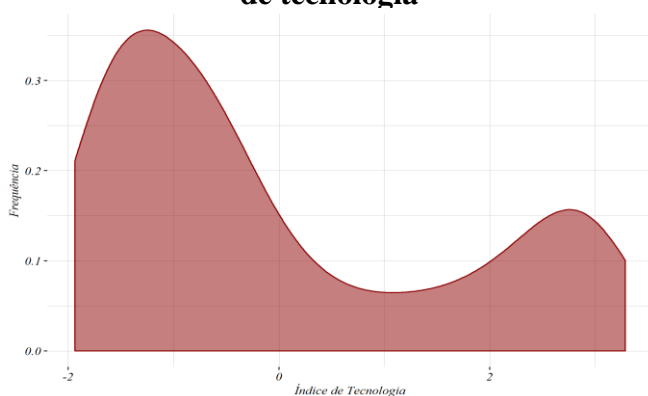
O que chama atenção é a proximidade entre as variáveis de mecanização (em verde), no primeiro quadrante da imagem. Há uma proximidade entre o uso de pulverizadores, plantadeiras, colheitadeiras e tratores. Essa proximidade faz sentido, uma vez que esse tipo de maquinaria é utilizado em produções de mecanização intensiva, como é o caso das culturas de soja, milho, trigo, aveia entre outros. Estabelecimentos que realizam esses cultivos usualmente necessitam desse maquinário completo para sua operação. Ainda no primeiro quadrante é possível identificar a presença de orientação técnica e uso de tração mecânica, variáveis que condizem com produções de maior escala. Além disso, é possível encontrar na parte superior a intensa utilização de óleo diesel, que condiz com as variáveis de mecanização desse quadrante, e o uso de plantio direto na palha, que é uma utilizada no cultivo da soja, por exemplo.

No quarto quadrante (inferior direito) também é possível encontrar sentido nos resultados encontrados. Outra vez aparece proximidade entre variáveis de mecanização, como grades, roçadeiras, arados e ceifadeiras, que também estão próximos da preparação convencional do solo, que é feita com aração e gradagem. Tal tipo de tecnologia é usada para inúmeros tipos de culturas, e essa espécie de maquinaria, que não é de grande porte, é algo usual em estabelecimentos mecanizados. Além disso, note-se que há uma proximidade entre o uso de irrigação e a presença de energia elétrica. Isso deve-se ao fato de que vários sistemas de irrigação carecem de intenso uso de energia elétrica.

⁸ Os valores originais da dimensão 1 obtidos pela aplicação do método foram multiplicados por -1 para que quanto maior a intensidade tecnológica, maior o valor dessa dimensão.

O uso de adubação, agrotóxicos e de transporte, que são variáveis com uma distribuição mais uniforme em torno da média, aparecem com valores positivos na dimensão 1, o que aproxima essas categorias de outras que indicam maior acesso à tecnologia. Entretanto, na dimensão 2 elas apresentam proximidade do eixo zero. Pode-se especular que essas três categorias são, portanto, componentes básicos de toda produção que tem um acesso relativamente maior à tecnologia. Por fim vale dizer que as variáveis de tração animal, preparação do solo mínima e controle de pragas com queimadas, que são técnicas mais rudimentares, aparecem nesses quadrantes com o valor zero, o que indica ausência dessas técnicas e corroborando a ideia de que estão concentradas aí categorias que indicam maior nível de tecnologia.

Figura 3 – Densidade de Kernel para o índice de tecnologia



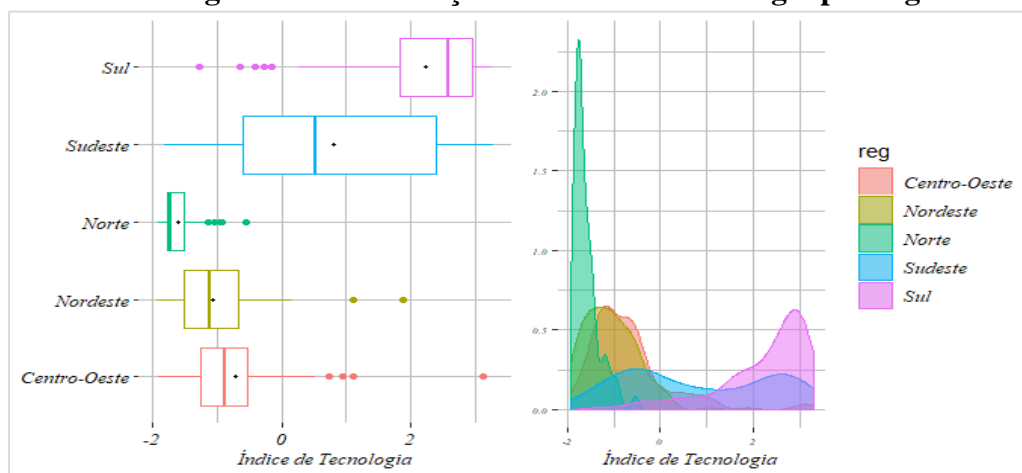
Fonte: Censo agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Nos quadrantes 2 e 3, a primeira coisa que chama atenção é que as categorias desse indicam, na sua grande maioria, a ausência do uso intensivo das tecnologias elencadas, com exceção da utilização de correção do PH do solo e o controle de praga por queimadas. O agrupamento entre as demais variáveis é mais coeso em relação aos demais quadrantes. Aqui tal coesão indica algo interessante: se uma região não possui intensidade em um tipo de tecnologia é provável que essa região não possua intensidade nas outras tecnologias, dado que as categorias (ter intensidade na tecnologia ou não ter) aparecem mais

próximas quanto mais comum for encontra-las juntas. Evidente que mesmo assim há grande heterogeneidade, porém quando se compara com os quadrantes anteriormente analisados, em que havia maior separação entre grupos, percebe-se que aqui não existe uma divisão clara de agrupamentos.

Chama atenção o descolamento da variável de energia elétrica, o que indica que não ter energia não está associada com alguma outra característica específica, diferentemente de não possuir plantadeiras, por exemplo, que está próximo de não possuir grades, tratores, colheitadeiras, não usar agrotóxicos, entre outros.

Figura 4 – Distribuição do índice de tecnologia por região

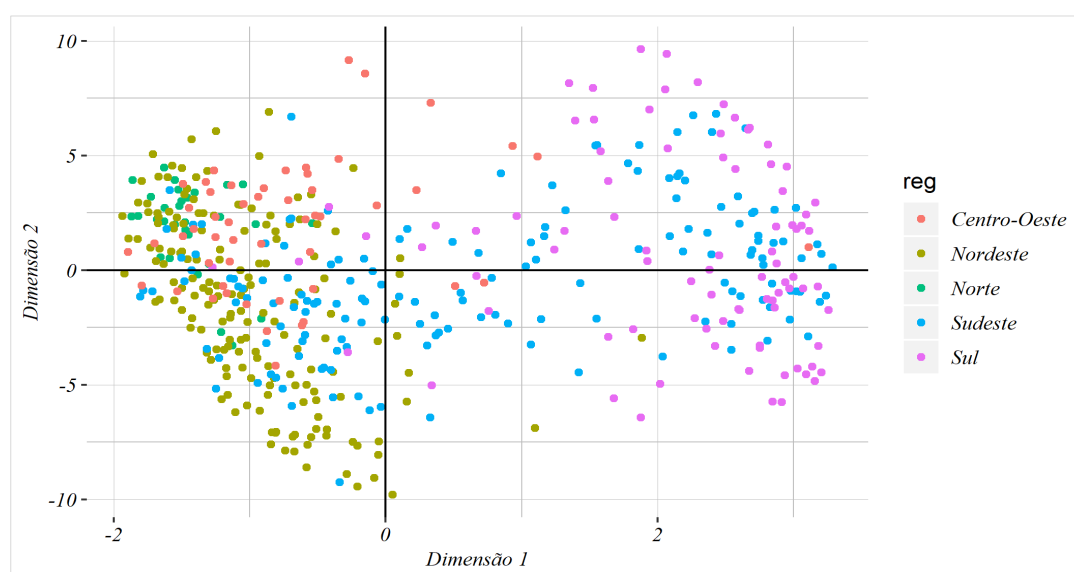


Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Levando em conta os resultados para as variáveis, e a interpretação proposta acima, deve-se avaliar como as novas dimensões (indicadores) encontradas na análise multivariada se comportam em cada microrregião. Uma vez que a dimensão 1 é responsável por 95,43% da variância dos novos indicadores⁹, nessa seção ela será denominada de "Índice de Tecnologia".

Inicialmente, a figura 3 permite realizar a avaliação da distribuição do índice de tecnologia para o país. É possível perceber que existem regiões com os mais variados níveis tecnológicos, com a predominância de uma distribuição assimétrica à direita, ou seja, existe um número maior de regiões que apresentam um baixo indicador de tecnologia. A não uniformidade da distribuição é um indício de que, como diz a hipótese da heterogeneidade tecnológica, algumas regiões com condições específicas conseguiram se apropriar dos avanços tecnológicos, enquanto outras não. O formato dessa distribuição é curioso, pois à primeira vista é possível dividir em três partes distintas: uma com valores entre -2 e 0 (baixa tecnologia), outra com valores entre 0 e 2 (tecnologia intermediária) e a terceira com valores maiores que 2 (alta tecnologia). Chama atenção que os grupos de baixa e alta tecnologia tem uma frequência maior que os grupo de tecnologia intermediária. Não contamos com dados longitudinais para avaliar processo de convergência ou divergência tecnológica entre as regiões, porém essa separação dá indícios de que pode haver certa divergência ao longo do tempo entre as regiões que acessam a tecnologia, lembrando os processos causalção circular de Myrdal. É uma hipótese que carece maiores estudos.

Figura 5 – Resultado HOMALS por microrregião



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

A figura 4 permite compreender melhor a distribuição do indicador de tecnologia no país. A primeira observação importante é que a diferença tecnológica entre as regiões é grande. A região Sul, além de ser a única que apresenta uma distribuição com clara assimetria à esquerda, indicado que há predominância de regiões com alto nível tecnológico, também apresenta a maior média para o indicador. A região Sudeste aparece em segundo lugar, contando com a maior variabilidade entre as regiões, o que significa a existência de regiões com alto e baixo conteúdo tecnológico em uma proporção semelhante. As outras três regiões contam com níveis tecnológicos muito menores, na média. As regiões Centro-Oeste e Nordeste aparecem

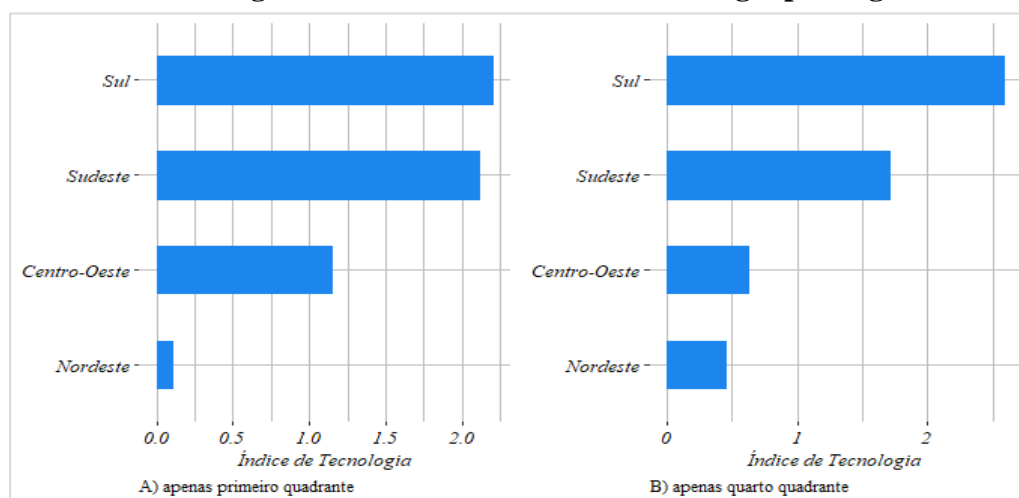
⁹ Lembrando que dimensão 1 representa 83.7% da variância total do sistema original e a dimensão 2 representa apenas 4%

com distribuições semelhantes, porém a primeira demonstra que na média tem um índice tecnológico maior. Por fim, a região Norte mostra uma enorme discrepância em relação às demais, com a grande maioria de suas microrregiões apresentando baixíssimo índice de tecnologia.

A visualização da figura 5 permite verificar a distribuição das microrregiões em comparação o gráfico de coordenadas cartesianas das variáveis que apresentamos antes. À direita da figura há maior presença das microrregiões do Sul e do Sudeste, que pela nossa interpretação são associadas com maiores níveis tecnológicos. Enquanto isso, os quadrantes à esquerda, com valores que indicam baixa intensidade tecnológica, são dominados pelas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Muitas microrregiões do Sudeste, entretanto, também aparecem na parte esquerda da figura. Portanto, corroborando a análise das distribuições é possível visualizar que as regiões de mais alta tecnologia na agricultura brasileira são do Sul e do sudeste do país.

Essa interpretação condiz com os fatos estilizados que apontam as regiões de agricultura mais "atrasadas" como pertencentes às regiões Norte e Nordeste, enquanto a agricultura "moderna" estaria presente nas regiões Sul e Sudeste. O resultado inesperado é que as microrregiões do Centro-Oeste apareçam majoritariamente à esquerda da figura, indicando baixa tecnologia e, especialmente, baixa mecanização. É um resultado intrigante porque essa região tem hoje importante participação na produção dos grãos exportados pelo Brasil, cuja produção necessita de alto nível de mecanização. Uma possível explicação é que a expansão da produção de grãos no Centro-Oeste tenha sido maciça no período de *boom das commodities*, que persistiu até a década posterior ao Censo 2006, de forma que a base de dados não tenha captado esse fenômeno, pela sua desatualização. Essa última possibilidade ganha força sob a hipótese de que, devido à maior disponibilidade de terras e possibilidade de expansão da fronteira agrícola, na região Centro-Oeste (e também Norte) seria mais interessante aos agricultores ampliar a quantidade de terras em que se produz, devido aos baixos preços, do que investir em tecnologia que amplie a produtividade por hectare. Essa lógica justificaria os altos níveis de incorporação tecnológica no Sul e no Sudeste, em que não há fronteira agrícola a ser explorada. Quando da divulgação dos dados do Censo Agropecuário 2017 será possível explorar melhor tais hipóteses.

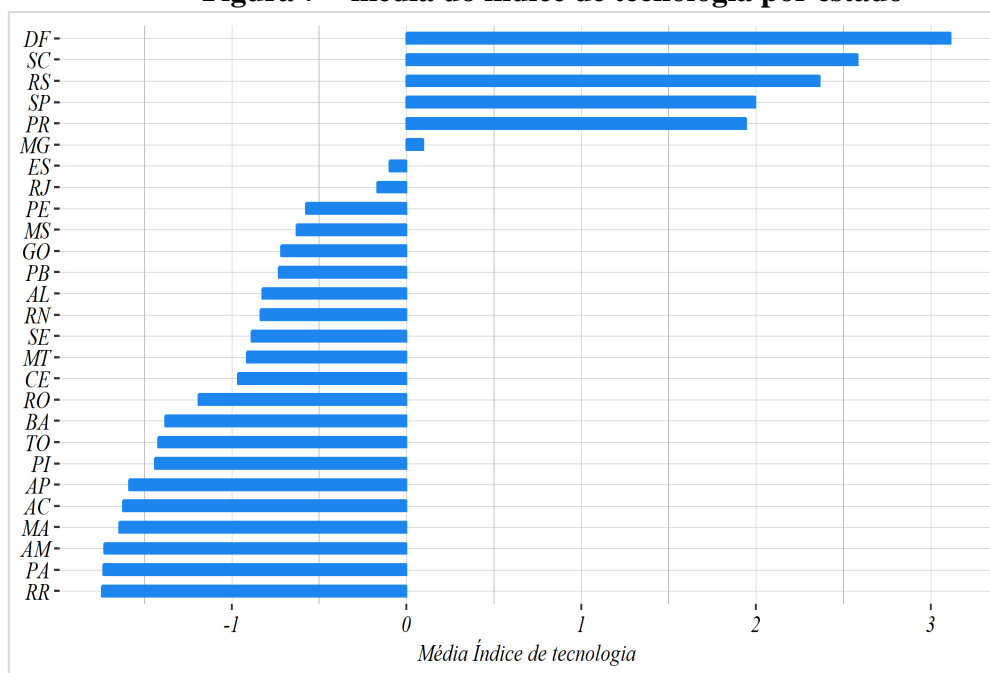
Figura 6 – Média do índice de tecnologia por região



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Vale observar também algumas peculiaridades sobre quem ocupa cada quadrante. Na figura 6A apresentamos as médias da dimensão 1, por regiões, considerando apenas as microrregiões que estão no primeiro quadrante. Como argumentamos antes, mostra a proximidade entre indicadores de mecanização, principalmente. Nesse caso, a região Centro-Oeste, marcada pela produção de grãos, tem uma média maior do que quando consideramos os demais quadrantes. Ao mesmo tempo, nenhuma microrregião da região Norte encontra-se nessa área.

Figura 7 – média do índice de tecnologia por estado



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

A figura 6B, por sua vez, considera apenas as microrregiões presentes no quarto quadrante. Como havíamos argumentado, essa parte do gráfico também apresenta categorias que indicam forte mecanização, entretanto não parece estar relacionada à produção com grandes escalas. Segundo essa lógica é possível compreender a queda da média da região Centro-Oeste, que é marcada pela elevada área média dos estabelecimentos agropecuários. Já o Sul do país se mantém com uma média alta de mecanização, justamente porque nessa região há forte presença de estabelecimentos com área relativamente pequena mas que utilizam maquinaria, característica de muitos estabelecimentos que podem ser enquadrados no que Schneider (2010) chama de agricultor familiar integrado aos mercados.

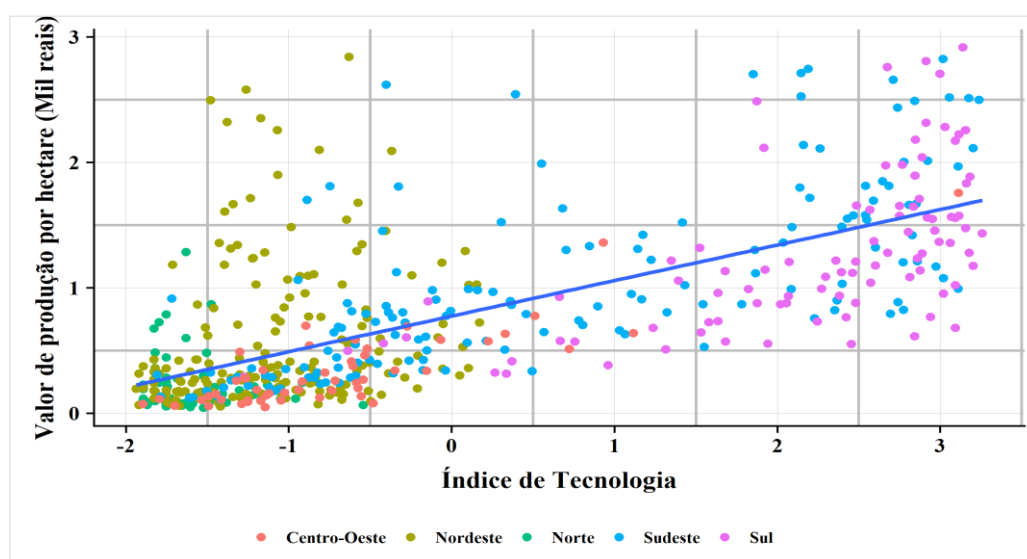
Na figura 7 ampliamos o escopo e apresentamos a média do índice de tecnologia por Unidade Federativa e voltamos a considerar todos os quadrantes. Excetuando o distrito federal, que tem a peculiaridade de ter apenas uma microrregião, as demais unidades seguem o padrão esperado. As unidades com maior tecnologia na produção agrícola são os estados do Sul e Sudeste, entretanto o estado de Pernambuco aparece com um bom indicador.

Deve-se destacar que os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Sergipe aparecem com indicadores melhores que o Mato Grosso, mesmo que na média por região o Centro-Oeste esteja melhor.

3.2 A relação entre tecnologia, produtividade, educação e desigualdade fundiária

Uma vez compreendida a distribuição da tecnologia entre as diferentes regiões e estados é interessante verificar qual a relação entre o índice de tecnologia e outras variáveis. Deve ser destacado que as retas ajustadas apresentadas nos gráficos que seguem não foram estimadas econometricamente, e forma que elas apenas mostram (ausência de) indícios de correlação entre as variáveis. Como a definição mais usual de heterogeneidade estrutural aborda os diferenciais de produtividade, na figura 8 apresentamos a relação entre o índice de tecnologia e uma medida de produtividade da terra, que é o valor de produção por hectare¹⁰.

Figura 8 – Valor de produção por hectare (em mil reais) e índice de tecnologia por microrregião



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Há claros indícios de uma relação entre maior nível tecnológico e o maior do valor de produção por hectare. Essa é uma relação esperada, pois o incremento de tecnologia surge justamente para aumentar a produtividade por hectare. A hipótese de que a difusão assimétrica de tecnologia é a grande responsável pelas grandes discrepâncias de produtividade na agropecuária ganha força sob a luz dos dados apresentados.

Entretanto parece interessante também observar outros indícios de correlação encontrados. Na figura 9 é apresentada a relação entre um indicador de desigualdade na distribuição de terras, dado pelo índice de Gini que foi calculado por Iasco-Pereira e Romero (2017)¹¹, e o índice de tecnologia. Como é possível perceber, apesar de não mostrar uma relação tão forte quanto a relação com produtividade, o índice de tecnologia tende a ser maior em regiões com menor concentração fundiária. Esse resultado levanta a hipótese de que há um componente institucional importante, provavelmente derivado de uma trajetória de desenvolvimento que difere entre as regiões, que leva à ocorrência conjunta de maior difusão de tecnologias e menores níveis de desigualdade fundiária.

¹⁰ Na figura 8 foram retirados 19 *outliers* em que o valor de produção por hectare era maior do que 3 mil reais.

¹¹ Faz-se aqui um agradecimento especial aos autores Hugo Carcanholo Iasco Pereira e João Prates Romero que gentilmente disponibilizaram o indicador de desigualdade fundiária calculado por eles.

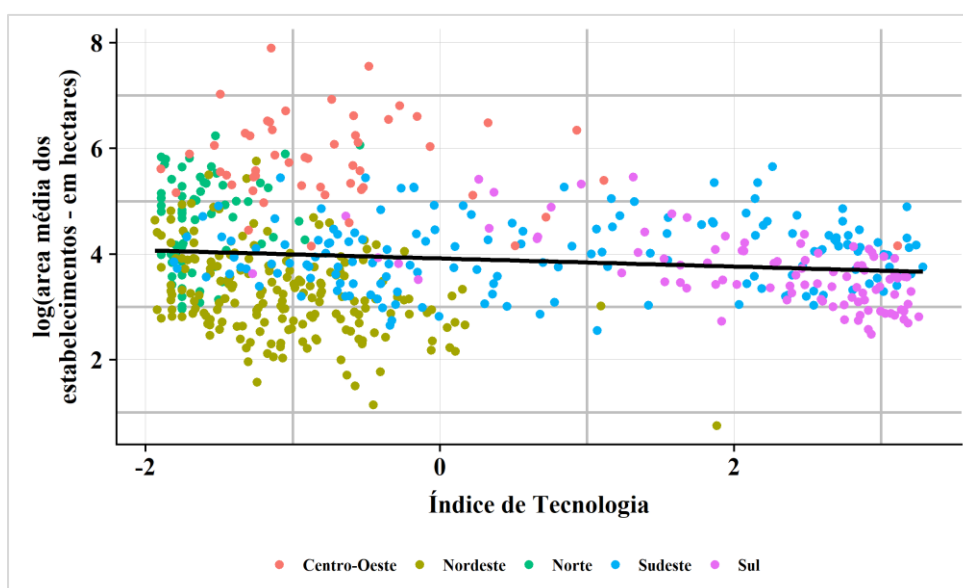
Figura 9 – Índice de Gini fundiário e índice de tecnologia por microrregião



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE; Iasco-Pereira e Romero (2017).
Elaboração própria.

É interessante notar que não é possível apontar uma relação muito forte entre o tamanho médio dos estabelecimentos rurais e a difusão de tecnologia, como é apresentado na figura 10. Esse resultado é interessante dado que o debate sobre o tamanho dos estabelecimentos rurais e a utilização das classificações de pequeno, médio e grande produtores historicamente são presentes na literatura de desenvolvimento rural. O resultado aqui levanta a hipótese de que realmente o fator tamanho dos estabelecimentos não é o mais importante para explicar a adoção e o acesso a novas tecnologias na agricultura.

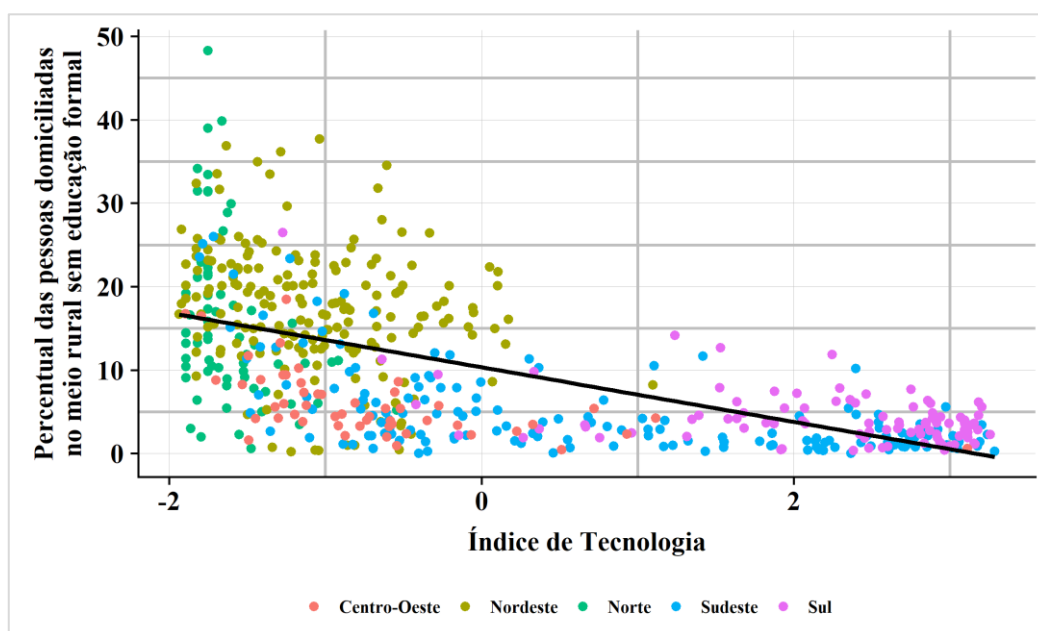
Figura 10 – Área média dos estabelecimentos agropecuários (em log) e índice de tecnologia por microrregião



Fonte: Censo Agropecuário 2006. Elaboração própria.

Por fim, ainda vale observar uma relação que correntemente é relatada na literatura: a importância da educação formal na adoção de novas tecnologias. O resultado apresentado abaixo traz indícios fortes de que quanto maior o nível educacional em uma região, maior será a intensidade tecnológica. Essa hipótese condiz com a perspectiva de Gastal (1986) que percebe a tecnologia essencialmente como tipo de conhecimento e que sua transmissão entre as entidades que desenvolvem tecnologia, como universidades, centros de pesquisa e mesmo empresas, é facilitada por melhorias na comunicação com agricultora. Nesse processo de comunicação, a educação formal e em especial menores níveis de analfabetismo são favoráveis à difusão tecnológica.

Figura 11 – Percentual da população domiciliada no meio rural sem educação formal e índice de tecnologia por microrregião



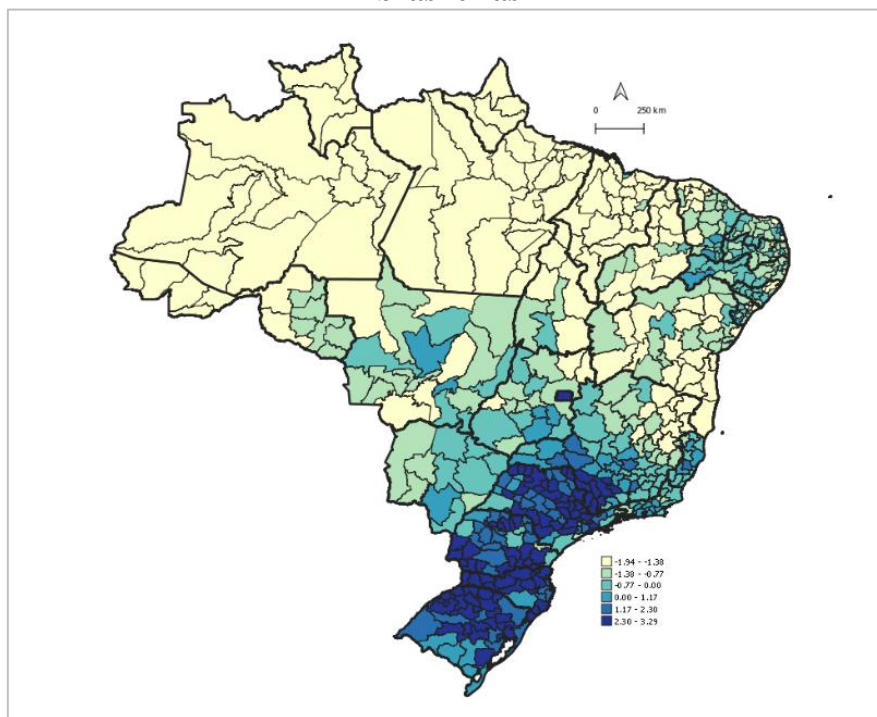
Fonte: Censo Demográfico 2010, IBGE; Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Essa rápida exploração da relação entre o nível tecnológico das microrregiões e diversas variáveis foi importante para mostrar que a partir do trabalho realizado são abertas novas questões de pesquisa a serem exploradas em trabalhos futuros.

3.3 Análise de autocorrelação espacial

Por fim, abaixo é analisada a existência de autocorrelação espacial no indicador de tecnologia desenvolvido. Como foi descrito na metodologia, calculamos dois indicadores para verificar autocorrelação espacial: o I de Moran Global e o I de Moran Local. Para ambos utilizamos uma matriz de contiguidade do tipo rainha de primeira ordem.

Figura 12 – Distribuição do índice de tecnologia nas microrregiões brasileiras



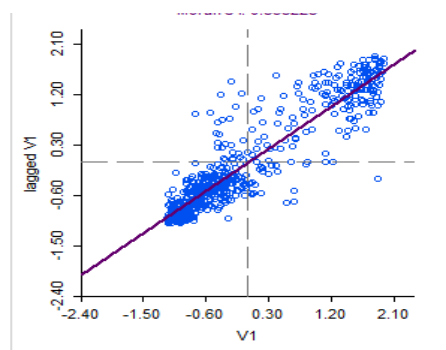
Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração própria.

Na figura 12 é apresentada a distribuição espacial do indicador de tecnologia nas microrregiões brasileiras. Utilizou-se a opção de quebras naturais, a partir do algoritmo de Jenks, para escolher os intervalos apresentados abaixo. É possível perceber claramente que as microrregiões do Sul e do Sudeste, em sua maioria, apresentam maiores índices de desenvolvimento tecnológico na agricultura.

Destaca-se que a transição para microrregiões com menores índices no Nordeste inicia no norte de Minas Gerais e na região do Vale do Jequitinhonha. Para o Norte, a redução dos índices de tecnologia começa claramente no estado do Mato Grosso.

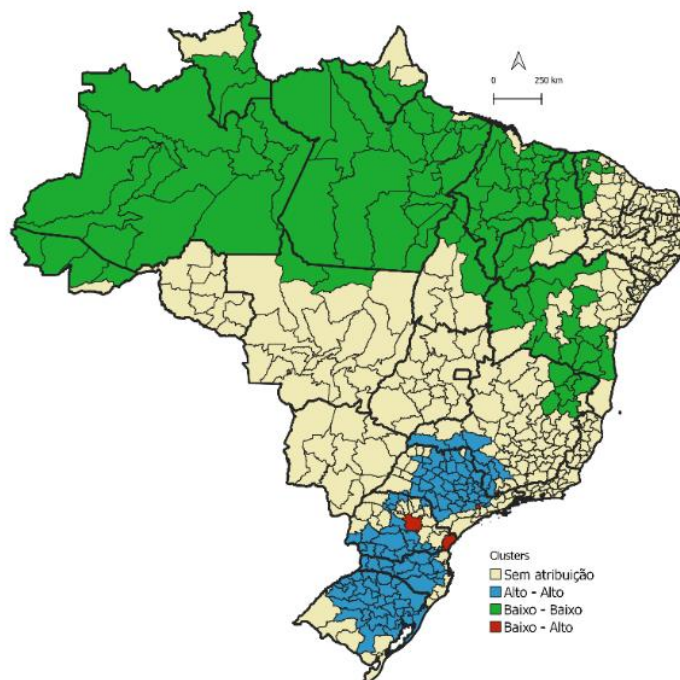
A partir desse primeiro gráfico já é esperado que haja algum padrão de distribuição espacial. O I de Moran global apresentou valor significativo, rejeitando a hipótese nula de aleatoriedade na distribuição espacial do indicador. O cálculo do I de Moran local também apresentou significância e indicou a formação de *clusters*, conforme a figura 13 apresenta. Utilizando um filtro de significância de 1%, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, na região Sul de Minas Gerais e no Triângulo Mineiro é possível identificar aglomerações do tipo Alto-Alto, em que regiões com alto índice de tecnologia estão cercadas por outras regiões com alto índice de tecnologia. Foram identificadas três microrregiões - Telêmaco Borba (PR), Paranaguá (PR) e Osasco (SP) - como aglomerados do tipo Baixo - Alto, indicando que essas regiões apresentam baixos índices de tecnologia e são rodeadas microrregiões com índices maiores.

Figura 13 – I de Moran do índice de tecnologia



Fonte: elaboração própria.

Figura 14 – Aglomerações de microrregiões de acordo com o índice de tecnologia



Fonte: Censo Agropecuário 2006, IBGE. Elaboração Própria.

Por fim, vale destacar que grande parte da região Norte do país é dominada por aglomerações do tipo baixo - baixo, em que regiões de baixo índice tecnológico na agricultura são rodeadas por outras regiões de baixa tecnologia. Interessante notar que Minas Gerais é o único estado que apresenta tanto aglomerados alto-alto quanto aglomerados baixo - baixo. Esses últimos aparecem nas microrregiões de Salinas, Capelinha, Araçuaí, Pedra Azul, Almenara e Teófilo Otoni, ou seja, grande parte do Vale do Jequitinhonha - sendo a microrregião de Diamantina uma exceção - é compreendida como aglomeração de baixa tecnologia.

4. Considerações Finais

No presente trabalho buscou-se compreender melhor a dispersão da tecnologia utilizada no setor agropecuário do Brasil a partir da criação de um índice sobre a intensidade do uso de tecnologias nas microrregiões. Como resultados do trabalho é possível apontar que: i) as microrregiões e os estados com maior intensidade tecnológica na agricultura estão concentrados nas regiões Sul e Sudeste; ii) as microrregiões e os estados com menor intensidade tecnológica na agricultura estão concentrados no Norte do país, seguidos pelos estados do Nordeste. iii) existem aglomerados de alta intensidade tecnológica no Sul e Sudeste e de baixa intensidade no Norte e parte do Nordeste, indicando uma distribuição não aleatória da tecnologia no espaço; iv) Minas Gerais foi a única unidade federativa que apresentou tanto aglomerados de alta intensidade tecnológica, no sul do estado, como de baixa intensidade tecnológica, na região do Vale do Jequitinhonha. Além disso, foi possível constatar indícios de uma correlação positiva entre produtividade e a tecnologia nas microrregiões.

É evidente que o presente trabalho tem um caráter exploratório e deixa ampla margem para discussão, principalmente com relação à seleção de variáveis e o recorte regional utilizados. A título de exemplo, pode-se destacar que os dados não permitiram incorporar na análise o papel da biotecnologia, que deve ser uma das principais responsáveis pelas mudanças na agricultura no período recente. Em relação ao recorte regional, para avançar no entendimento da heterogeneidade é necessário replicar esse estudo para recortes regionais menos agregados, modificando assim os parâmetros de comparação. Seria interessante, por exemplo, comparar somente microrregiões pertencente a uma mesma unidade federativa, de forma que fosse possível captar melhor a heterogeneidade estrutural dentro de cada estado

Contudo, é possível afirmar que, em termos gerais, o artigo mostrou a existência de ampla heterogeneidade tecnológica na agropecuária brasileira. Ficou claro que existem grandes discrepâncias entre as macrorregiões e que algumas delas, em especial o Sudeste, apresentam grande variabilidade interna na difusão da tecnologia, contando com microrregiões de alta e baixa intensidade tecnológica.

Por fim, percebe-se que há muito espaço para o avanço na pesquisa a partir da utilização de análises de correspondência múltipla, bem como de microeconometria, que são instrumentos estatísticos capazes de contribuir para a assimilação de aspectos objetivos relativos ao setor agropecuário, fornecendo bases mais sólidas para o avanço da teoria. Dessa forma, na iminência da divulgação do Censo Agropecuário 2017, espera-se que o presente trabalho incentive novas frentes de pesquisa empírica sobre a realidade do mundo rural.

5. Referências

- AQUINO, J. R.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Dualismo no Campo e Desigualdades Internas na Agricultura Familiar Brasileira. **Revista de Economia E Sociologia Rural**, 56 (1): 123-42, 2018.
- BELIK, W. A Heterogeneidade e suas implicações para as políticas públicas no rural brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 53 (1): 9-30, 2015.
- CAMPOS, S. A. C., PEREIRA, M. W. G., & TEIXEIRA, E. C. Trajetória de modernização da agropecuária mineira no período de 1996 a 2006. **Economia Aplicada**, 18(4), 717-739, 2014.
- GASTAL, E. O processo de transformação tecnológica na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, 3(1), 155-169, 1986.
- GREENACRE, M. J.; BLASIUS, J. **Correspondence analysis in the social sciences: Recent developments and applications**. Academic Press, 1994.
- IASCO PEREIRA; ROMERO, J. P. Kaldor-Verdoorn Law and Institutions: A Study of the Brazilian Economy. In: 21st Conference of the Forum for Macroeconomics and Macroeconomic Policies (FMM), 2017, Berlim. 21st Conference of the Forum for Macroeconomics and Macroeconomic Policies (FMM), 2017.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário, 2006 - segunda apuração**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>. Acesso em 12/03/2019.
- KAGEYAMA, A. A.; BERGAMASCO S. M. P. P.; OLIVEIRA, J. T. A. Uma tipologia dos estabelecimentos agropecuários do Brasil a partir do censo de 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 51 (1): 105-22, 2013.

LEMOS, M. B., GALINARI, R., CAMPOS, B., BIASI, E., & SANTOS, F. Tecnologia, especialização regional e produtividade: um estudo da pecuária leiteira em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 41(3), 117-138, 2003.

PAIVA, R. M. **Modernização e dualismo tecnológico na agricultura**. Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural, 1971.

RODRIGUES, C. G.; SIMÕES, R. F. Aglomerados industriais e desenvolvimento socioeconômico: uma análise multivariada para Minas Gerais. **Ensaio FEE**, 25(1), 2004.

SAMBUICHI, R. H. R.; GALINDO, E. P.; OLIVEIRA, M. A. C.; PEREIRA, R. M. A diversificação produtiva como forma de viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no Brasil. In: MONASTERIO, L. M.; NERI, M. C.; SOARES, S. S. D. (Ed.). **Brasil em desenvolvimento 2014: Estado, planejamento e políticas públicas**. Brasília: Ipea, v. 2. p. 61-84, 2014.

SAMBUICHI, R. H. R.; GALINDO, E. P.; PEREIRA, R. M., CONSTANTINO, M.; RABETTI, M. S. **Diversidade da Produção nos Estabelecimentos da Agricultura Familiar no Brasil: uma análise econométrica baseada no cadastro da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)**. Texto Para Discussão 50 (TD 2202): 1689-99, 2016.

SANTOS, G. R.; VIEIRA FILHO, J. E. **Heterogeneidade produtiva na agricultura brasileira: elementos estruturais e dinâmicos da trajetória produtiva recente**. Texto Para Discussão - IPEA 1740: 32, 2012.

SCHNEIDER, S. Reflexões sobre diversidade e diversificação: Agricultura, formas familiares e desenvolvimento rural. **Ruris**, 4 (1): 85-132, 2010.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. (2013). **A Agricultura Familiar no Brasil**. Serie Documentos de Trabajo 145: 1-93, 2013.

SILVEIRA, J. M. D. Agricultura brasileira: o papel da inovação tecnológica. In: **O mundo rural no Brasil do século 21**, 373-394, 2014.

SILVA, G. J. C. D.; SOUZA, E. C.; MARTINS, H. E. D. P. Produção agropecuária em municípios de Minas Gerais (1996-2006): padrões de distribuição, especialização e associação espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 50(2), 333-349, 2012.

SOUZA FILHO, H. M. D., BUAINAIN, A. M., GUANZIROLI, C., & BATALHA, M. O. **Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil: características, desafios e obstáculos**. In: Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004.

VASCONCELOS, K. S. L.; FERREIRA, M. O. Especialização produtiva e mudança estrutural na agricultura nordestina. **Revista de Política Agrícola**, Anos XXIII (2): 5-19, 2014.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e Indústria no Brasil: inovação e competitividade**. IPEA. Brasília, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: **O mundo rural no Brasil do século 21**, 396-421, 2014.

APÊNDICE

Tabela 1 – Descrição das variáveis

Dimensão	Variável	Unidade	Abreviação	Transformação¹
Mecanização	Tratores com menos de 100CV	Nº de Tratores	tratP	tratP/area
	Tratores com mais de 100CV	Nº de Tratores	trat100	trat100/area
	Arados	Nº de Arados	arados	arados/area
	Grades	Nº de Grades	grades	grades/area
	Roçaceiras	Nº de Roçadeiras	rocad	rocad/area
	Semeadeiras ou plantadeiras	Nº de Sem. ou Plant.	plantad	plantad/area
	Colheitadeiras	Nº de Colheitadeiras	colheit	colheit/area
	Pulverizadores ou atomizadores	Nº de Pulv. ou Atomiz.	pulveri	pulveri/area
	Adubadeiras ou distribuidoras de calcário	Nº de Adub. ou Distrib.	adubade	adubade/area
	Ceifadeiras	Nº de Ceifadeiras	ceifadei	ceifadei/area
Óleo diesel	Mil Litros	diesel	diesel/area	
Infraestrutura	Irrigação	Nº de Estabelecimentos com uso de irrigação	irrigacao	irrigação/estab
	Transporte	Nº de Estabelecimentos que tem meio de transporte	transp	transp/estab
	Energia elétrica	Nº de Estabelecimentos com energia	energ	energ/estab
	Silos para armazenamento de grãos	Nº de depósitos e silos para armazenamento de grãos	silos	silos/estab
	Tratamento de esterco	Nº de Estabelecimentos com tratamento	esterco	esterco/estab
	Uso de tração animal	Nº de Estabelecimentos com uso de tração animal	trac_ani	trac_ani/estab
	Uso de tração mecânica	Nº de Estabelecimentos com uso de tração mecânica	trac_mec	trac_mec/estab
Defensivos	Utilização de agrotóxicos	Nº de Estabelecimentos que utilizaram agrotóxicos	agrototoxicos	agrototoxicos/estab
	Controle biológico de pragas	Nº de Estabelecimentos com controle biológico	pragas_biologico	pragas_biologico/estab
	Controle de pragas por queima de resíduos agrícolas	Nº de Estabelecimentos com controle por queimadas	pragas_queima	pragas_queima/estab
	Outros controles de pragas (uso de repelente, caldas, iscas, etc.)	Nº de Estabelecimentos com outros controles	pragas_outros	pragas_outros/estab
Preparação do Solo	Cultivo convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda	Nº de Estabelecimentos com cultivo convencional	prep_solo_conv	prep_solo_conv/estab
	Cultivo mínimo (só gradagem)	Nº de Estabelecimentos com cultivo mínimo	prep_solo_min	prep_solo_min/estab
	Plantio direto na palha	Nº de Estabelecimentos com plantio direto	prep_solo_palha	prep_solo_palha/estab
	Correção do PH do solo	Nº de Estabelecimentos que fazem correção	corrPH	corrPH/estab
	Adubação	Nº de Estabelecimentos que fazem adubação	adubacao	adubacao/estab
Outros	Área total dos estabelecimentos agropecuários	Hectares	area	-
	Número total de estabelecimentos agropecuários	Nº de Estabelecimentos	estab	-
	Orientação técnica	Nº de Estabelecimentos que NÃO receberam orientação técnica	otec_nao	otec_nao/estab

Obs.: 1. A coluna de transformação refere-se à divisão da variável pela área ou pelo número de estabelecimentos, representando o formato final em que a variável foi utilizada. Por exemplo, o número de tratores, ao final, foi utilizado como número de tratores por hectare, uma vez que dividimos o pela área. No caso das divisões pelo número de estabelecimentos, temos como variável final o percentual de estabelecimentos daquela região com a característica em questão.

Apêndice

Tabela 2 – Scores do HOMALS por variável

Categoria	Dim. 1	cor	ctr	Dim. 2	cor	ctr	Categoria	Dim. 1	cor	ctr	Dim. 2	cor	ctr
tratP:0	329	982	22	-13	1	1	silos:0	106	333	2	111	369	48
tratP:1	-849	982	56	33	1	2	silos:1	-215	333	4	-227	369	98
trat100:0	371	974	25	-40	11	6	esterco:0	226	832	10	24	10	2
trat100:1	-675	974	45	72	11	11	esterco:1	-535	832	24	-57	10	6
arados:0	240	841	11	62	57	16	corrPH:0	-35	87	0	-38	105	7
arados:1	-581	841	27	-151	57	38	corrPH:1	120	87	1	131	105	23
grades:0	283	895	15	29	9	3	adubacao:0	433	945	27	-9	0	0
grades:1	-614	895	33	-62	9	7	adubacao:1	-459	945	28	9	0	0
rocad:0	204	760	8	49	44	10	irrigacao:0	94	328	2	32	39	4
rocad:1	-478	760	19	-114	44	23	irrigacao:1	-204	328	4	-70	39	9
plantad:0	279	950	16	-8	1	0	pragas_biologico:0	288	897	15	-42	19	6
plantad:1	-801	950	46	24	1	1	pragas_biologico:1	-503	897	26	73	19	11
colheit:0	311	973	19	-25	6	3	pragas_queima:0	-75	263	1	-2	0	0
colheit:1	-795	973	49	64	6	7	pragas_queima:1	168	263	2	4	0	0
pulveri:0	312	981	20	-19	4	2	pragas_outros:0	188	607	6	48	40	8
pulveri:1	-889	981	57	55	4	5	pragas_outros:1	-300	607	10	-77	40	13
adubade:0	329	982	22	-26	6	3	agrototoxicos:0	332	911	18	27	6	3
adubade:1	-827	982	54	64	6	7	agrototoxicos:1	-491	911	27	-40	6	4
ceifadei:0	169	662	6	81	152	27	otec_nao:0	-445	888	25	57	14	8
ceifadei:1	-402	662	13	-192	152	64	otec_nao:1	375	888	21	-48	14	7
trac_ani:0	-119	280	2	120	283	46	diesel_area:0	181	714	7	-78	131	25
trac_ani:1	148	280	3	-149	283	57	diesel_area:1	-479	714	18	205	131	67
trac_mec:0	345	925	20	-63	31	14	prep_solo_conv:0	302	832	14	83	62	22
trac_mec:1	-529	925	31	96	31	21	prep_solo_conv:1	-386	832	18	-106	62	28
transp:0	368	814	18	20	2	1	prep_solo_min:0	-37	47	0	102	353	37
transp:1	-328	814	16	-18	2	1	prep_solo_min:1	60	47	0	-163	353	59
energ:0	391	713	15	165	127	57	prep_solo_palha:0	118	578	3	-43	78	8
energ:1	-223	713	9	-94	127	33	prep_solo_palha:1	-418	578	11	153	78	30

Obs.: É importante observar as colunas Dim. 1 e Dim. 2, que apresentam quanto cada categoria contribui para cada dimensão do resultado. Deve-se lembrar que os resultados da dimensão 1 foram multiplicados por -1, de forma que quanto mais negativo o valor na tabela, maior o peso daquela categoria na dimensão em questão.