Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva

Rodrigo Peixoto da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração Economia Aplicada

Piracicaba
2019

Rodrigo Peixoto da Silva
Bacharel em Ciências Econômicas

Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva

Orientador
Prof. Dr. **CARLOS EDUARDO DE FREITAS VIAN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração Economia Aplicada

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Rodrigo Peixoto da

Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva / Rodrigo Peixoto da Silva. - - Piracicaba, 2019.

94 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Modernização 2. Agropecuária 3. Heterogeneidade 4. Política agrícola L. . I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Nilvete Lima da Silva e Francisco Peixoto da Silva (*in memoriam*), por todo o carinho, respeito, aprendizado e felicidade que me proporcionaram. Sem eles, eu não seria capaz de nada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Maria Nilvete, por todo o seu carinho e apoio e por ser uma pessoa tão alegre e cativante. Agradeço ao meu pai, Francisco, que mesmo não estando mais conosco se faz sempre presente. Eles são minha fonte de inspiração.

Agradeço as minhas irmãs, Tatiane e Viviane, por darem a minha família o seu devido caráter de amor e união e por serem capazes de fazer o impossível pelos meus pais, por mim e pelos nossos "filhotes" de estimação. Agradeço também a todos meus familiares, em especial minha avó Aliete (Coisa) e meu avô Alvino (Jeremias), por serem tão carinhosos e expressarem uma juventude de espírito que contagia e une toda a família.

Agradeço a minha noiva Natália Nogueira, por estar ao meu lado desde o início, por sua compreensão, apoio, companheirismo, felicidade e por contribuir de forma essencial para a realização deste sonho.

Agradeço a minha segunda família, Nicole, Alice, Leandro, Bruna, Franciele, Thuanne e Gustavo, por juntos termos construído a melhor república de Piracicaba.

Agradeço a minha família de quatro patas, Dolly, Paçoca, Pirulito, Pitucha, Will, Scorynha, Jurema, Nina, Apolo, Minduim e todos os outros. O mundo sem esses bichinhos não vale a pena.

Agradeço aos amigos da ESALQ André (Carioca), Carina (Japa), Daiana, Daniel, Julyerme, Letícia, Luis Gustavo (Bariri), Marcos, Mari, Talita, Tiago (Pernambuco), Vinícius (Halmenschlager), Ansu, Mirian, Fábio (Noiva), Josimar, André (Sanches), Henrique, Rafael (Pontuschka), Diego, Gustavo (Palmito), Lulu (melhor bibliotecária do mundo) e tantos outros pelos ótimos momentos que passamos e ainda passaremos juntos.

Agradeço aos professores da ESALQ, por todo o conhecimento e auxílio prestados. Agradeço aos professores responsáveis pelo exame de qualificação e membros da banca de defesa, André Luiz Correa, Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho e Lucilio Rogerio Aparecido Alves, por todas as contribuições , que, sem dúvida, foram de grande valor.

Agradeço ao meu orientador, Carlos Eduardo de Freitas Vian, pelas contribuições durante a orientação no Mestrado e Doutorado e por ter se tornado um grande amigo ao longo da pós-graduação.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa.

EPÍGRAFE

O que é que a ciência tem?
Tem lápis de calcular
Que mais a ciência tem?
Borracha pra depois apagar

Raul Santos Seixas

SUMÁRIO

RESUMO **7**

ABSTRACT **8**

1. INTRODUÇÃO **11**

1.1. MARCOS NA EVOLUÇÃO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA 13

1.1.1. Complexo Rural, Complexo Cafeeiro e Industrialização Pesada: 1850 a 1950 ..... *13*

1.1.2. Modernização da base técnica agropecuária: política agrícola de 1950 a 1980 ..... *15*

1.1.3. Abertura econômica e seus efeitos sobre a agropecuária – 1990 a 2006 ..... *19*

REFERÊNCIAS **24**

2. DETERMINANTES DA MODERNIZAÇÃO AGROPECUÁRIA EM 4.535 MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM 2006 ..... **27**

RESUMO **27**

ABSTRACT **27**

2.1. INTRODUÇÃO 28

2.2. METODOLOGIA 32

2.2.1. O modelo de análise fatorial *32*

2.2.2. Adequação dos dados *34*

2.2.3. Definição das variáveis *35*

2.3. RESULTADOS 43

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 53

REFERÊNCIAS **54**

3. NÍVEIS DE MODERNIZAÇÃO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA EM 2006 ..... **57**

RESUMO **57**

ABSTRACT **57**

3.1. INTRODUÇÃO 58

3.2. MATERIAL E MÉTODOS 60

3.2.1. Análise de clusters *60*

3.2.2. Model-based Clusters *62*

3.2.3. Procedimentos adotados *66*

3.2.4. Variáveis utilizadas *66*

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES 72

3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 88

REFERÊNCIAS **90**

APÊNDICE A. CENTROS MULTIDIMENSIONAIS DOS CLUSTERS (VALORES MÉDIOS) EM ESCALA DE CORES **93**

RESUMO

Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva

A agropecuária brasileira passou por intensas transformações desde meados do século XIX, dentre as quais se destaca a fase mais intensa de seu processo de modernização (1960-70) que colocou o Brasil entre os principais players mundiais do agronegócio, mas também ampliou a heterogeneidade produtiva e econômica no meio rural brasileiro. Essa tese, composta por dois artigos e uma seção de contextualização histórica, teve como objetivo identificar os fatores relevantes do processo de modernização da agropecuária brasileira presentes em 2006, após cerca de 50 anos da fase denominada "industrialização da agricultura", avaliar como esses aspectos se comportam regionalmente e identificar grupos homogêneos de municípios com relação aos seus indicadores de modernização agropecuária. O primeiro artigo teve como proposta a identificação dos fatores relevantes de modernização e, para isso, foram aplicadas técnicas de Análise Fatorial a um conjunto de 30 indicadores de modernização de 4.535 municípios brasileiros no ano de 2006. Os resultados apontaram como fatores relevantes: 1) Lucratividade e tecnologia poupa-terra, concentrada na região Sudeste, em partes da região Sul e em parte expressiva da faixa litorânea do país; 2) Capitalização e tecnificação da criação animal, distribuída de maneira relativamente uniforme entre as regiões; 3) Capitalização e tecnificação agrícola, com forte concentração na região Sul e alguns focos no Sudeste e Centro-Oeste; 4) Relação capital-trabalho, com forte concentração nas regiões Centro-Oeste e Sudeste e alguns focos na região Sul. Pôde-se observar que, mesmo sendo a modernização agropecuária um processo diverso e multifacetado, há forte heterogeneidade econômica e produtiva entre os municípios e a região Nordeste se destaca pelo seu atraso tecnológico e pelas adversidades estruturais e climáticas que enfrenta, além da insuficiência das políticas agrícolas adotadas no início dos anos 2000 com relação à mitigação desse problema. O segundo artigo teve o objetivo de identificar grupos homogêneos de municípios com base em seus indicadores de modernização, estabelecendo quais os mais modernos e quais os mais vulneráveis em termos econômicos e produtivos. Para isso utilizou-se de uma análise de clusters (model-based-clusters) aplicada ao mesmo conjunto de variáveis e municípios. Os resultados apontaram para a formação de 9 clusters com características distintas em termos de modernização. Os três clusters menos modernos concentram grande parte de seus municípios nas regiões Norte e Nordeste, sobretudo no semiárido brasileiro, e demonstram grande precariedade de capacitação, capitalização e adoção de práticas modernas. Os três clusters intermediários concentram parcela expressiva de seus municípios na região Centro-Oeste e parte da região Sudeste, apresentando, cada qual, características específicas que estão associadas ao tipo de produção (agricultura ou produção animal). Os três clusters mais modernos estão, em grande medida, concentrados nas regiões Sul e Sudeste e apresentaram valores expressivamente superiores às médias nacionais na maioria dos indicadores de modernização analisados, com destaque para o uso de insumos químicos, o grau de capitalização, o acesso ao crédito e à orientação técnica. Em suma, o processo de modernização da agropecuária brasileira, contribuiu para o expressivo aumento da produtividade, mas também para o aumento da heterogeneidade produtiva e econômica no campo. Os resultados dessa tese indicam que, mesmo após a implementação de políticas voltadas à agricultura familiar e à reforma agrária, a heterogeneidade persiste e, dada a menor importância atribuída pelo Estado às políticas atreladas aos serviços gerais para a agropecuária, como a melhoria de infraestrutura, capacitação, pesquisa e difusão da orientação técnica, essas condições tendem a se perpetuar.

Palavras-chave: Modernização; Agropecuária; Heterogeneidade;Política agrícola

ABSTRACT

Modernization of Brazilian agriculture: economic progress and productive heterogeneity

The Brazilian agriculture underwent intense transformations since the middle of the nineteenth century, among which is the most intense phase of its modernization process (1960-70) that placed Brazil among the main players in the world agribusiness, but also expanded productive and economic heterogeneity among farmers. This thesis, made up of two articles and a section of historical contextualization, aimed to identify the relevant factors of the modernization process of the Brazilian agriculture present in 2006, after about 50 years of the phase called "industrialization of agriculture", to evaluate how these aspects behave regionally, and to identify homogeneous groups of municipalities in relation to their agricultural modernization indicators. The first article aimed the identification of the relevant factors of modernization and, for this, techniques of Factor Analysis were applied to a set of 30 modernization indicators of 4,535 Brazilian municipalities in the year of 2006. The results pointed as relevant factors: 1) Profitability and saving-land technology, concentrated in the Southeast region, in parts of the South region and in part expressive of the coastal strip of the country; 2) Capitalization and technification of animal husbandry, less concentrated among regions; 3) Capitalization and technification of agriculture, with strong concentration in the South region and some foci in the Southeast and MidWest; 4) Capital-labor ratio, with a strong concentration in the Midwest and Southeast regions and some foci in the South. Although agricultural modernization is a diverse and multifaceted process, economic and productive heterogeneity is significant among municipalities and the Northeast region stands out for its technological backwardness and the structural and climatic adversities it faces, as well as the insufficiency of agricultural policies adopted in the early 2000s to mitigate this problem. The second article aimed to identify homogeneous groups of municipalities based on their modernization indicators, establishing which are the most modern and which are most vulnerable in economic and productive terms. For this, we used a Cluster Analysis (model-based-clusters) applied to the same set of variables and municipalities. The results pointed to the formation of 9 clusters with distinct characteristics in terms of modernization. The three less modern clusters concentrate a large part of their municipalities in the North and Northeast regions, especially in the Brazilian semi-arid region, and show precariousness of capacity building, capitalization and adoption of modern practices. The three intermediate clusters concentrate a significant portion of their municipalities in the Midwest and part of the Southeast region, each presenting specific characteristics that are associated with the type of production (agriculture or livestock). The three most modern clusters are to a large extent concentrated in the South and Southeast regions and presented values significantly higher than the national averages in most of the modernization indicators analyzed, with emphasis on the use of chemical inputs, the degree of capitalization, credit and technical guidance. In short, the process of modernization of Brazilian agriculture has contributed to the significant increase in productivity, but also to the increase of productive and economic heterogeneity in the countryside. The results of this thesis indicate that, even after implementing policies aimed at family agriculture and agrarian reform, heterogeneity persists and, given the lower importance attributed by the State to policies linked to general services for agriculture and livestock, such as the improvement of infrastructure, training, research and dissemination of technical guidance, these conditions tend to perpetuate.

Keywords: Modernization; Agriculture; Heterogeneity; Agricultural policy

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GRÁFICO DE DECLIVE (*SCREE PLOT*) 44

FIGURA 2. CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS "MODERNOS" SOB O ASPECTO "LUCRATIVIDADE E TECNOLOGIA POUPA-TERRA" EM QUINTOS – MAPA DE POLÍGONOS *(A)* E DE PONTOS *(B)* 47

FIGURA 3. CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS "MODERNOS" SOB O ASPECTO "CAPITALIZAÇÃO E TECNIFICAÇÃO DA CRIAÇÃO ANIMAL" EM QUINTOS – MAPA DE POLÍGONOS *(A)* E DE PONTOS *(B)* 49

FIGURA 4. CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS "MODERNOS" SOB O ASPECTO "CAPITALIZAÇÃO E TECNIFICAÇÃO AGRÍCOLA" EM QUINTOS – MAPA DE POLÍGONOS *(A)* E DE PONTOS *(B)* 50

FIGURA 5. CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS "MODERNOS" SOB O ASPECTO "RELAÇÃO CAPITAL-TRABALHO" EM QUINTOS – MAPA DE POLÍGONOS *(A)* E DE PONTOS *(B)* 51

FIGURA 6. CLUSTERS CONSTRUÍDOS COM VARIÁVEIS DE MODERNIZAÇÃO AGROPECUÁRIA 73

FIGURA 7. CLUSTERS MENOS AVANÇADOS NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO 78

FIGURA 8. CLUSTERS INTERMEDIÁRIOS NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO 82

FIGURA 9. CLUSTERS MAIS AVANÇADOS NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO 87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS (NÃO-PONDERADAS) 39

TABELA 2. MEDIDAS E TESTES DE ADEQUAÇÃO DA AMOSTRA 42

TABELA 3. PERCENTUAL DE VARIÂNCIA EXPLICADA E ESPECIFICIDADE 44

TABELA 4. COMUNALIDADES, ESPECIFICIDADES E CARGAS FATORIAIS 45

TABELA 5. PERCENTUAL DE MUNICÍPIOS COM SCORE FATORIAL POSITIVO E SCORE MÉDIO POR REGIÃO 47

TABELA 6. MÉDIAS REGIONAIS DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS 70

TABELA 7. VALORES MÉDIOS DOS INDICADORES DE MODERNIZAÇÃO POR CLUSTER (CENTRO DOS CLUSTERS) E INDICADORES CORRELATOS 93

1. INTRODUÇÃO

O processo de modernização da agropecuária brasileira possibilitou o aumento expressivo da produtividade[1], da produção de alimentos e demais gêneros agrícolas, foi responsável por tornar o Brasil um dos principais players no agronegócio mundial e por contribuir significativamente para a balança comercial. Por outro lado, impôs aos produtores brasileiros um pacote tecnológico a ser adotado e um perfil de agricultor a ser seguido, o que contribuiu para o aumento da heterogeneidade produtiva e econômica, da migração de trabalhadores para os centros urbanos (Rezende, 2006) e da marginalização de parte expressiva da população rural, chegando, ao final dos anos 1990, em um cenário ambíguo de progresso e pobreza no campo.

Foram décadas de intervencionismo estatal, visando a industrialização, em geral, e a modernização da agropecuária, em específico, por meio de políticas e subsídios regionais e setoriais, políticas de garantia de preço e de pesquisa e extensão agropecuária, que resultaram na coexistência de distintos graus de modernização na agropecuária brasileira: uma parcela de produtores moderna, produtivista e integrada aos mercados dinâmicos; outra, marcada pela pobreza relativa, produção para subsistência e arcaísmo produtivo (Martine, 1991); e classes intermediárias, com características associadas ao tipo de produção predominante.

Nesse sentido, esta tese tem por objetivo identificar os aspectos relevantes da modernização agropecuária que permaneceram presentes em 2006, passados cerca de 50 anos do auge do auge do processo de modernização, e identificar grupos homogêneos de municípios no que diz respeito aos indicadores de modernização, possibilitando uma visão detalhada a respeito da modernidade de uns e da vulnerabilidade econômica e produtiva de outros.

A relevância da temática se justifica pelos efeitos ambíguos atribuídos pela literatura ao processo de modernização (Gonzales e Costa, 1998; Martine, 1991, Kageyama, 1986; Balsan, 2006; Buainaim, 1997; Hoffmann e Kageyama, 1985; Silva, 1996, Rezende, 2006). A grosso modo, dada a heterogeneidade presente na economia e, sobretudo, na agropecuária brasileira na década de 1950, o processo de modernização teve como resultantes, por um lado, aumentos da produção, da produtividade e da integração nacional e internacional e, por outro, aumentos da desigualdade e da concentração de renda e da marginalização de produtores que não conseguiram se adequar ao pacote tecnológico estabelecido.

[1] De acordo com Gasques et al. (2010), o aumento da Produtividade total dos Fatores entre 1970 e 2006 foi da ordem de 124%

O trabalho é composto por dois artigos, além de uma seção de contextualização histórica situada nesta introdução. Embora com objetivos e ferramental metodológico distintos, os artigos tratam da mesma temática e possuem uma contextualização, embasamento literário e base de dados similar. Todavia, foram construídos para que possam ser lidos de maneira independente, o que exigiu ressaltar aspectos similares e essenciais para a análise em ambos os artigos. Assim, essa introdução tem duas funções centrais.

A primeira é servir de guia ao leitor a respeito dos dois artigos que a acompanham na composição da tese. O primeiro artigo tem por objetivo a identificação dos aspectos relevantes da modernização agropecuária que permaneceram presentes após 50 anos da época áurea de política agrícola no Brasil, voltada, sobretudo, para a mudança da base técnica/produtiva, integração setorial e integração com o mercado internacional. Para isso, utiliza-se de técnicas de análise fatorial sobre um conjunto de 30 variáveis associadas à modernização pela literatura relacionada. O segundo artigo parte do mesmo conjunto de variáveis de análise, porém com o objetivo de identificar grupos homogêneos de municípios no que diz respeito à modernização, destacando a presença da heterogeneidade[2] produtiva intrarregional e identificando padrões de modernização e vulnerabilidade produtiva/econômica. A diferença central entre os artigos é que, enquanto o primeiro tem como ênfase a **identificação dos drivers da modernização agropecuária brasileira** presentes no ano de 2006, o segundo é dedicado à **identificação dos diferentes perfis de produtor rural** (arcaico/intermediário /moderno).

A segunda função dessa introdução é fornecer, em uma subseção específica, uma contextualização e um embasamento a respeito do processo de modernização da agropecuária brasileira, trazendo seus principais marcos históricos desde a mudança nas relações de trabalho com o fim do regime de escravidão no Brasil até a primeira metade dos anos 2000, quando foi realizado o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009), base de dados que deu o suporte a toda a discussão realizada nos dois artigos. Ainda que cada um dos artigos possua sua seção específica de introdução/contextualização, ressaltando os aspectos mais relacionados com seus respectivos objetivos, esta subseção discute os aspectos históricos e mais gerais do processo de modernização da agropecuária brasileira.

São discutidas nessa seção as principais mudanças ocorridas no meio rural brasileiro entre 1850 e 2006, no que diz respeito às formas de produção, as relações entre a agricultura e

[2] Heterogeneidade é entendida aqui não apenas como diferenças nas características dos produtores/municípios (diversidade), mas naquelas diferenças que representam entraves para que um produtor "menos moderno" consiga atingir níveis de produtividade, lucratividade e renda de um produtor "mais moderno" e, por isso, seja excluído do mercado ou passe para a produção de subsistência.

os demais setores da economia e as principais políticas e medidas adotadas pelo Estado com o objetivo de direcionar e/ou desenvolver determinados grupos/setores. Nesse interim se situam a decadência do “Complexo Rural”, a formação do “Complexo Cafeeiro” ou “Complexo Agro Comercial”, o processo de industrialização da agricultura, a consolidação dos “Complexos Agroindustriais” (Kageyama et al. 1990; Silva, 1996), a abertura econômica, a mudança no modelo de estímulos à agropecuária e o surgimento de algumas políticas de subsídio aos produtores menos favorecidos, como a criação do Pronaf em 1995, a intensificação da reforma agrária em meados dos anos 1990 (Helfand e Rezende, 2001) e a consolidação do controverso conceito de agricultura familiar no Brasil (Navarro, 2010).

A próxima subseção é composta, portanto, de uma discussão a respeito dos principais marcos na evolução da agropecuária brasileira a partir de 1850, período marcado pela decadência do Complexo Rural, até o início dos anos 2000.

1.1. Marcos na evolução da agropecuária brasileira

1.1.1. Complexo Rural, Complexo Cafeeiro e Industrialização Pesada: 1850 a 1950

Na primeira metade do século XIX, a agricultura brasileira se resumia à produção de um ou poucos produtos destinados à exportação. Segundo Silva (1996), todos os bens intermediários e meios de produção eram provenientes do próprio setor agrícola. Esse setor era, portanto, autônomo e orientado pelos preços internacionais dos gêneros agrícolas exportados. Com preços favoráveis, os recursos (homens, animais de trabalho, terras etc.) eram direcionados para a produção de exportação; com preços desfavoráveis esses recursos eram realocados para atividades que garantiam a subsistência da força de trabalho e a reprodução das condições materiais da unidade produtiva (Kageyama et al., 1990).

Com a promulgação de leis como a Lei Eusébio de Queirós (1850), que proibia o tráfico negreiro, a abolição da escravatura na segunda metade do século XIX e a promulgação da Lei de Terras, que manteve a concentração fundiária nas mãos dos produtores rurais já estabelecidos, a mão de obra escrava passou a ser substituída gradativamente por mão de obra livre e assalariada de colonos europeus que, destituídos de meios de produção, formaram, aos poucos, a classe de proletários no campo. Esses acontecimentos foram o gatilho para a transição entre o complexo rural e o complexo cafeeiro no Brasil (Kageyama et al. 1990).

Essa transição ocorreu de forma distinta entre as regiões produtoras no país (Cano, 1977). Enquanto no oeste paulista surgia um novo regime de trabalho – o colonato – os cafezais do Rio de Janeiro foram eliminados, a transição para o trabalho assalariado no Nordeste foi

apenas formal e em Minas Gerais e no Espírito Santo foram estabelecidas diversas relações de parceria, com uma parcela de propriedades voltadas à produção de gêneros alimentícios para a atividade urbana e o abastecimento da capital federal (Silva, 1996; Kageyama et al. 1990).

As demandas geradas pela produção de café, como a ampliação dos meios de transporte, a inserção de novas máquinas e equipamentos para o beneficiamento e as necessidades comerciais e financeiras para expansão produtiva, acabaram diversificando as atividades produtivas da economia brasileira, abrindo espaço para indústrias de equipamentos de torrefação, produção de sacarias (indústria têxtil), pequenas manufaturas e oficinas.

O colonato, composto por trabalhadores migrantes assalariados, era responsável não apenas pela produção destinada à exportação, mas também de gêneros alimentícios para a própria subsistência e para a comercialização no mercado local. Este foi o embrião do mercado de trabalho brasileiro, que intensificou a especialização produtiva e a divisão social do trabalho, dando origem à criação de um mercado interno no Brasil (Kageyama et al. 1990; Silva, 1996).

Foi, portanto, no Complexo Cafeeiro paulista que se iniciou a divisão entre o campo e a cidade. De acordo com Silva (1996), nesse momento inicia-se a coexistência de um centro dinâmico (o estado de São Paulo), que, dado o seu avanço prévio na cafeicultura, aproveitou-se dos efeitos de ressonância para se modernizar e se consolidar como tal, e de uma periferia, que, por mais esforço que tenha dispendido visando a modernização de suas práticas e relações produtivas, não teve condições de acompanhar este centro.

Mesmo com a mudança nas relações de trabalho e com a criação de algumas pequenas manufaturas para suprir a agricultura, a mudança de base técnica, ancorada no uso intensivo de capital e insumos modernos/químicos (fertilizantes, defensivos e sementes selecionadas) era ainda totalmente dependente da capacidade de importação e, portanto, da geração de divisas das exportações de café. Nesse sentido, não havia ainda forte integração entre a indústria de insumos, de bens de capital e a agricultura, o que caracteriza o complexo cafeeiro como um Complexo Agro Comercial (Silva, 1996; Kageyama et al., 1990).

Com a crise de 1929 e suas consequências para a economia brasileira, à época totalmente dependente das exportações de café, houve uma forte guinada em direção à industrialização, que se consolidou até a década de 1950, sob a intensificação do processo de substituição de importações, com a internalização do departamento produtor de bens de capital (D_1) e com a ampliação das atividades urbanas (Kageyama et al., 1990).

Em resumo desse período tem-se, então: 1) a substituição gradativa da mão de obra escrava pela assalariada entre 1850 e 1890, sobretudo no estado de São Paulo; 2) a ampliação das atividades urbanas, a criação de indústrias rudimentares de insumos e bens de capital para

a produção cafeeira e o início de um processo de substituição de importações de bens de consumo leves entre 1890 e 1930; 3) o início da integração dos mercados nacionais (alimentos, trabalho e matéria-prima) entre as décadas de 1930 e 1950, resultando na internalização do D_1 industrial, na fase conhecida como de "industrialização pesada".

1.1.2. Modernização da base técnica agropecuária: política agrícola de 1950 a 1980

Sob a autonomia do complexo rural com relação à reprodução de suas estruturas produtivas, as exigências de capital circulante e fixo eram reduzidas e não se fazia necessário um sistema amplo de financiamento para a agricultura. Mesmo com a transição para o Complexo Cafeeiro e a maior necessidade de insumos externos à propriedade agrícola, os "financiamentos" eram realizados por meio das divisas de exportação geradas pelo próprio café. A modernização era, portanto, limitada à capacidade de importação e guiada pela política cambial.

A agropecuária representava o setor dinâmico da economia brasileira e teve, até a década de 1950, uma trajetória de desenvolvimento baseada na utilização extensiva de terra e mão-de-obra e de técnicas tradicionais no processo produtivo (Franco e Pereira, 2008), com exceção de alguns gêneros. As tecnologias mais sofisticadas eram restritas, por exemplo, a casos como o do café para exportação (Silva e Botelho, 2014).

Mesmo com a criação da Carteira de Crédito Agrícola e Industrial do Banco do Brasil (CREAI), em 1937, não havia linha de crédito especial para a agricultura até 1950 (Kageyama et al., 1990). As culturas mais representativas e dependentes de financiamento, como o café e o açúcar, obtinham acesso a fontes privilegiadas através dos respectivos institutos que as representavam e do peso político que tinham, como o Instituto Brasileiro do Café (IBC) e o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA).

Uma vez internalizado o D_1 industrial (indústria pesada), iniciou-se, a partir de 1950, um processo de internalização do D_1 agrícola, que se intensificou nos anos 1960, com a atração e instalação de fábricas de tratores e implementos, filiais de multinacionais, e fábricas de fertilizantes e defensivos, com uma participação um pouco maior do Estado brasileiro (Bacha, 2004).

Intensificou-se, então, o processo de modernização, pautado na atuação do Estado e com o objetivo de conectar os diversos setores da economia (primário, secundário e terciário) e facilitar a acumulação de capital (Silva e Botelho, 2014). Buainain (1999) aponta que os aspectos que deram origem a essa "intervenção planejada" vinham configurando-se desde a década de 1950, a partir da criação do BNDES, da atuação do Grupo de Trabalho para o

Desenvolvimento do Nordeste (posterior SUDENE) e do aparato institucional utilizado para viabilizar o Plano de Metas.

Os objetivos de tal intervenção eram bastante claros: "*promover a expansão da oferta agropecuária, a expansão e diversificação das exportações e assegurar a normalidade do abastecimento doméstico*" [...] que seriam alcançados "*através da modernização da base técnica, fortalecimento da agroindústria e incorporação de novas terras*" (Buainain, 1999, pág. 120-121). De acordo com Almeida (1997), a modernização da agricultura esteve ancorada em quatro noções básicas: crescimento/desenvolvimento econômico e político; abertura técnica, econômica e cultural; especialização e dependência da produção a montante, a jusante e com a sociedade global; e o surgimento de um perfil de agricultor individualista e competitivo.

Entre 1950 e 1962 as fontes de financiamento ainda tinham como base as reservas cambiais, obtidas sob o sistema protecionista de múltiplas taxas de câmbio (Instrução 70 da Superintendência de Moeda e Crédito – SUMOC), e o imposto sobre exportações. Com a instrução 204 da SUMOC, de 1962, o modelo de múltiplas taxas foi desconstruído e essas fontes foram reduzidas, originando uma forte pressão por novas fontes de financiamento para essa agricultura em processo de integração com a indústria.

Isso resultou, anos depois, na criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1965, que, dentre outras medidas, estabeleceu o direcionamento de 10% de todos os depósitos à vista dos bancos comerciais para o financiamento agrícola, além de fontes secundárias do Tesouro Nacional que se estabeleciam conforme as demandas. Esse direcionamento teve forte efeito na expansão de crédito rural até o final da década de 1970 – crescimento real de 329% entre 1970 e 1979 (Kageyama et al., 1990) – período no qual essa foi a principal política agrícola de modernização. De acordo com Martine e Garcia (1987, p. 22), o "*principal instrumento que viabilizou o novo modelo agrícola, calcado na tecnificação e utilização maciça de insumos industriais [...] foi o crédito rural*".

Foi, então, que a agricultura passou a se integrar, de fato, à indústria, em um processo de reunificação[3] agricultura-indústria (Kageyama et al., 1990), e sua dinâmica deixa de ser dependente da capacidade de importação. O processo de modernização entrou na fase denominada por Kageyama et al. (1990) como "industrialização da agricultura", que deslanchou em meados da década de 1960 e consolidou-se a partir do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND – década de 1970), que "*visava desenvolver internamente o setor de*

[3] Vale lembrar que no Complexo Rural, a indústria de insumos (mão de obra, ferramentas etc.), ainda que rudimentar, era integrada à agricultura (Kageyama et al., 1990).

insumos para a agricultura" (Franco e Pereira, 2008, pág. 189). Para tanto, o Estado utilizou-se de um conjunto de instrumentos como o crédito rural subsidiado, este com papel central, e programas de pesquisa agronômica e extensão rural (Souza e Lima, 2003). Foram importantes também a política de garantia de preços mínimos, a política de seguro rural e as políticas de pesquisa e extensão agropecuária (Bacha, 2004). Foi nesta época, inclusive, que se deu a criação da Embrapa, em 1972.

De acordo com Kageyama et al. (1990), o crédito subsidiado (com taxas de juros sempre abaixo da taxa de inflação) foi o instrumento utilizado pelo Estado para intervir na alocação de fatores sob a lógica das estratégias de modernização. A concessão de crédito era condicionada ao uso ou aquisição dos chamados insumos modernos – sementes selecionadas, insumos químicos, planos de correção do solo e investimentos em maquinário. As linhas de crédito para investimento (máquinas e mudança da base técnica) e custeio (consumo corrente de sementes selecionadas, fertilizantes e outros insumos) tiveram participação majoritária na composição do crédito. O crédito para comercialização, por sua vez, era concedido via Empréstimos do Governo Federal (EGF) e teve menor participação (25% do crédito rural), com o objetivo de formar/transformar as cooperativas e indústrias (Kageyama et al., 1990) e de financiar a estocagem dos produtos em épocas em que os preços de mercado ficam abaixo de um mínimo estabelecido.

De acordo com Bacha (2004, pág. 65) "*Durante as décadas de 70 e 80, o crédito rural beneficiou, principalmente, as culturas de exportação, as regiões Sul e Sudeste e os médios e grandes produtores rurais*". Isso ocorreu por que esses produtores apresentavam o perfil adequado ao plano macroeconômico do Governo Federal de incentivo às exportações: os produtos integrados ao mercado internacional (soja, milho, café, cana-de-açúcar, trigo e arroz) eram cultivados no Centro-Sul brasileiro por médios e grandes produtores, que possuíam maior capacidade administrativa e facilidade na tomada de empréstimos (Bacha, 2004), devido às garantias concretas que poderiam oferecer como contrapartida.

O processo de modernização, portanto, se deu de forma diferenciada, tanto entre as diversas regiões brasileiras, quanto com relação aos produtos "escolhidos" para receber maior apoio estatal, beneficiando alguns grupos de produtores. Segundo Silva et. al (1983), o padrão tecnológico não foi totalmente absorvido pelos pequenos produtores nem mesmo planejado para eles, devido às escalas mínimas de produção requeridas, à insuficiência de recursos próprios (produtivos e financeiros) e à dificuldade de acesso por parte desses produtores às principais e mais atrativas fontes de financiamento.

No final da década de 1970, sob uma crise macroeconômica e um cenário inflacionário, reduziram-se, de um lado, as possibilidades de financiamento via Tesouro Nacional e, de outro, a alta inflação e as elevadas taxas de juros reduziram fortemente o montante de depósitos à vista nos bancos comerciais. "*A partir de 1976, o volume de crédito passou a sofrer o impacto da política monetária do stop and go adotada pelo ministro Simonsen*" (Kageyama et al., 1990, pág. 165). Todavia, a agricultura já havia passado, então, pela sua irreversível "industrialização" – processo de mudança da base técnica e de integração à indústria, denominado também como "modernização compulsória".

Além da significativa redução de recursos para a concessão de crédito rural, as taxas de juros passaram a ser pós-fixadas na virada para os anos 1980 e a incorporar a totalidade das variações das Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional (ORTNs), ou seja, pela primeira vez eram taxas de juros positivas. Nesse cenário em que a modernização da agricultura já apresentava certa maturidade, as condições de financiamento agrícola se aproximaram das condições gerais de crédito e o Estado perdia seu papel de principal financiador.

Com o aumento dos juros e a conjuntura econômica desfavorável no início dos anos 1980 devido aos efeitos do segundo choque do petróleo, à redução do poder de compra no mercado interno e às políticas macroeconômicas de combate à inflação, os produtores rurais tinham como possíveis aplicações de seu capital o investimento na atividade agropecuária, no mercado financeiro ou na aquisição de terras, sobretudo na fronteira agrícola (Centro-Oeste e Norte). Esta última modalidade teve importante papel, dada a expectativa de valorização das terras no Centro-Oeste e a incompatibilidade dos preços da terra e das margens de lucro da atividade agropecuária, sobretudo do complexo soja, na região Sul.

O papel do Estado para a agropecuária passou a ser o de garantir taxas de lucro *ex post* compatíveis com o mercado financeiro e de terras, ao invés de assegurar a rentabilidade do capital *ex-ante*, via crédito subsidiado, o que ocorreu por meio da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM). De acordo com Kageyama et al. (1990), se, por um lado, a política de crédito altamente subsidiado condicionado à adoção do pacote modernizante impunha "como" produzir, por outro, a política de preços mínimos determinava "o que" e "o quanto" produzir. O crédito subsidiado, que teve papel protagonista entre os anos 1965 a 1976, tornou-se mais dirigido e restrito, com redução de 50% do montante total entre 1979-84, assumindo papel complementar à PGPM.

1.1.3. Abertura econômica e seus efeitos sobre a agropecuária – 1990 a 2006

O período de 1980 a meados de 1990 foi marcado pelas tentativas de controle inflacionário, o lançamento de diversos planos de estabilização, crises de endividamento do Estado, redução dos recursos destinados ao financiamento agrícola, ascensão e transformação da política de garantia de preços mínimos e abertura econômica (Helfand e Rezende, 2001).

A PGPM, que na década de 1980 garantia a aquisição da produção agrícola por parte do governo federal a um preço mínimo estipulado previamente, foi interrompida entre 1990 e 1991 e retornou entre 1992 e 1995, porém com novas restrições. Neste período as aquisições do governo federal (AGFs) passaram a ocorrer apenas nos casos de produtores que haviam recebido empréstimos do governo federal (EGFs), o que retirou o caráter universal da política e reduziu os estoques do governo.

De forma alternativa, o governo criou contratos de opções de compra futura da produção a um preço predeterminado e independente do preço mínimo e os produtores interessados arrematavam esses contratos em leilões. Os preços mínimos que davam base à PGPM frequentemente ficavam abaixo dos preços de mercado e perderam, portanto, sua função como política. De acordo com Helfand e Rezende (2001), foram inexpressivas as pressões dos agricultores pela elevação dos preços mínimos pelo fato de que a renegociação das dívidas perante o governo era indexada aos preços mínimos (Helfand e Rezende, 2001). Logo, os produtores preferiam manter o preço mínimo baixo para reduzir a dívida e vender a produção no mercado.

Tendo como objetivo central o controle inflacionário, o governo lançou diversos planos de estabilização durante a década de 1980 que, fracassados um após o outro, geravam um efeito cíclico para a agropecuária: pouco antes do lançamento dos planos, com a expectativa de congelamento de preços, os ativos agrícolas como terra, rebanhos e estoques se valorizavam; o fracasso dos planos, por sua vez, vinha acompanhado de fortes aumentos de juros e de incerteza na economia, o que aumentava a rentabilidade do mercado financeiro, o custo de oportunidade do capital próprio e diminuía os preços e a atratividade dos ativos agrícolas, aumentando o endividamento dos produtores rurais (Helfand e Rezende, 2001).

Nesse estágio já era muito expressiva a heterogeneidade entre a classe de produtores modernos e daqueles que não conseguiram se adequar ao pacote modernizante. Essas duas classes de produtores iriam sofrer efeitos distintos do contexto econômico que estava por vir.

Com a abertura comercial realizada pela administração de Fernando Collor de Melo no início dos anos 1990, a agricultura teve como benefícios a redução do custo de insumos

importados e a redução dos impostos de exportação. Por outro lado, no caso de produtos importados, como o trigo, a redução das cotas e tarifas de importação e o desmonte parcial da política de garantia de preços mínimos expôs o setor à ampla concorrência internacional, sobretudo de países como Argentina e Uruguai, que haviam formado, junto ao Brasil e o Paraguai, o Mercosul, em 1991.

Diversos setores da economia e subsetores da agropecuária foram desregulamentados a partir dos anos 1990, o que reduziu ainda mais a intervenção estatal na agricultura, tendo efeitos diversos sobre cada um deles (Helfand e Rezende, 2001): a agricultura como um todo beneficiou-se com a melhoria dos termos de troca agricultura/indústria; os exportáveis beneficiaram-se também com a queda das taxas de exportação, mas parte desse efeito foi neutralizado pela valorização cambial; os importáveis sofreram forte impacto da abertura, valorização cambial e desregulamentação, tendo de se adequar à queda de proteção e maior competição com estrangeiros.

De acordo com Tangermann (2005), a abertura comercial permitiu o acesso a insumos importados (notadamente maquinários) e uma queda dos custos agropecuários superior à queda de longo prazo que ocorreu nos preços da maioria das commodities. Ainda de acordo com o autor, a produtividade total dos fatores teve um aumento de 40% entre 1990 e 2004, com destaque para o caso dos importáveis, que precisaram competir diretamente com os produtos estrangeiros.

Ainda assim, os agricultores que não acompanharam o processo de modernização ao longo das décadas de 1960 e 1970 e que aumentaram seus níveis de endividamento e sofreram as consequências das crises ao longo dos anos 1980, não tiveram condições de competir em uma economia aberta, ampliando o abismo entre o “moderno” e o “arcaico”.

Além das fortes reduções de recursos destinados ao crédito agrícola em toda a década de 1980, o confisco de parte das cadernetas de poupança por 18 meses, realizado pelo governo Collor, retirou a liquidez da atividade agrícola, que teve de buscar novas fontes de financiamento. Nesse sentido, os exportáveis foram beneficiados pelo acesso às fontes internacionais de crédito, geralmente com condições mais favoráveis que as nacionais. Isso se potencializou com a Resolução 6.348 do Conselho Monetário Nacional, conhecida como o “63 Caipira” de 1995, que isentava as operações de financiamento agrícola de IOF (Helfand e Rezende, 2001).

Como nos demais planos de estabilização, a expectativa de lançamento do Plano Real teve como efeito imediato a valorização dos ativos agrícolas (terras, rebanhos e estoques). Porém, mesmo com o sucesso do plano, as altas taxas de juros implementadas aumentaram a

atratividade do mercado financeiro em detrimento da atividade agrícola, que teve forte desvalorização de seus ativos. Além disso, a sobrevalorização das taxas de câmbio encarecia os produtos agrícolas brasileiros no exterior e levou a agricultura a uma de suas piores crises financeiras desde de década de 1980. Ainda assim, a estabilização macroeconômica trouxe ganhos para a agricultura pelo lado do consumo no mercado interno.

De qualquer modo, a parcela "moderna" da agropecuária não perdeu seu status ou sua força e encontrou, na crise cambial de 1999, o lócus de sua autoafirmação, uma vez que, com a desvalorização do Real, foi capaz de ampliar consideravelmente as divisas externas, o que se fortaleceu com o boom das commodities a partir de 2003.

A partir de meados da década de 1990, o crédito rural voltou a ganhar importância. Foi estabelecido, em 1997, a destinação de 25% dos depósitos à vista para o financiamento da agricultura, o que ampliou a participação dos bancos comerciais privados no fornecimento de crédito. Porém, permaneceu a relação entre produtores e Estado devido à dívida acumulada ao longo dos anos anteriores. O montante monetário dessa dívida era bastante concentrado em poucos produtores, que apresentavam elevada taxa de inadimplência (Helfand e Rezende, 2001).

Além da exigibilidade da aplicação de parte dos depósitos à vista no financiamento agrícola, foram ampliadas as fontes de financiamento a partir dos anos 2000, como a destinação de 55% da caderneta de poupança do Banco do Brasil, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia e bancos cooperativos para o financiamento rural (Wedekin, 2005). Foram criados também os fundos constitucionais para desenvolvimento do Nordeste (FNE), do Centro-Oeste (FCO) e do Norte (FNO), com o objetivo de desenvolvimento dessas regiões (Wedekin, 2005). Outro mecanismo importante para o financiamento rural, embora fora do SNCR, foi a Cédula de Produtor Rural (CPR), que visava angariar recursos para o capital de giro na atividade (Wedekin, 2005).

Em meados de 1990, o governo passou também a orientar algumas das políticas no sentido de minimizar falhas de mercado, como a elevada concentração de terras, de renda e a heterogeneidade produtiva no campo. A partir de 1994 o governo distribuiu 8,7 milhões de hectares para 370 mil famílias, valor superior à toda a terra distribuída entre 1964 e 1994 (Helfand e Rezende, 2001).

Foi criado também o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), maior programa de financiamento da agricultura familiar no Brasil, visando prover os recursos financeiros para o desenvolvimento dessa grande parcela de produtores (84,4% em 2006 (IBGE, 2009)) que, a princípio, estariam desfavorecidos perante aos demais. De acordo

com Wedekin (2005), entre as safras 2002/03 e 2004/05, as operações do Pronaf cresceram de 926 mil para 1,62 milhões, enquanto o montante de recursos passou de R$ 2,2 bilhões para R$ 6,2 bilhões.

O marco da retomada das políticas de crédito aos produtores rurais foi, no entanto, a maior participação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) no financiamento rural, apoiado nos recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). De acordo com Wedekin (2005), o financiamento via MAPA-BNDES passou de R$ 342 milhões na safra 1999/00 para R$ 5,2 bilhões na safra 2004/05 e, somando-se os demais recursos, o crédito para investimento na agropecuária atingiu os R$ 8,0 bilhões na safra 2004/05.

De acordo com Delgado (2012), os anos 2000 foram marcados por um projeto centrado na agropecuária, mesmo quando comparado ao período de industrialização da agricultura da época dos militares, no qual a modernização da agropecuária era elemento complementar à industrialização do país. A argumentação destaca, por exemplo, a presença de uma bancada ruralista ativa (Frente Parlamentar da Agropecuária), a promoção do agronegócio para as massas via mídias, o fortalecimento do SNCR através de ações centralizadoras de capital às cadeias do agronegócio via BNDES e a passividade de instituições como o INCRA, IBAMA e FUNAI (Delgado, 2012).

Mesmo com o crescimento da produção, da produtividade e das exportações, a pobreza no campo persistiu (e aumentou em algumas regiões). De acordo com Tangermann (2005), a pobreza rural se reduziu muito lentamente ao longo dos anos 1990 e aumentou na região Norte, onde cresceu a população rural. Apenas no Centro-Oeste o crescimento mais forte da renda agrícola foi capaz de reduzir a pobreza, embora a desigualdade de renda tenha aumentado (Tangermann, 2005). Helfand e Rezende (2001) afirmam que a experiência histórica demonstrou o insucesso ou a insuficiência da combinação “terra e crédito”, uma vez que a heterogeneidade permanece no campo.

Com relação à orientação das políticas de suporte à agropecuária, Tangermann (2005), surpreendentemente, aponta que o apoio ao produtor no início dos anos 2000 foi expressivamente baixo no Brasil (3% da renda bruta agropecuária) quando comparado à União Europeia (34%) ou à média dos países da OCDE (30%). Além disso, cerca de 75% desses recursos são destinados aos produtores na forma de subsídios creditícios, sobretudo para os produtos importáveis (arroz, milho, trigo e algodão), enquanto apenas 25% são destinados aos serviços gerais para a agricultura, como pesquisa e extensão rural, treinamento e desenvolvimento e infraestrutura.

Ainda que os recursos públicos destinados à agropecuária tenham sido comparativamente baixos, não foram priorizadas as políticas de benefício amplo aos agricultores, como a difusão de pesquisa e extensão agropecuária. A prioridade se deu sobre as políticas direcionadas de crédito subsidiado (e protecionista) que a história demonstrou serem capazes de aumentar a produtividade, por um lado, e de ampliar a heterogeneidade, por outro.

Em suma, os instrumentos de política agrícola no Brasil se fortaleceram novamente entre 1996 e 2005 no comparativo histórico, com a maior participação do BNDES no financiamento agrícola, novas medidas de redução da volatilidade dos preços agrícolas e alguns programas de fortalecimento da agricultura familiar. Todavia, nota-se menor intensidade do estatal nos aspectos relacionados aos serviços gerais voltados à agropecuária, como a infraestrutura, logística, educação, geração e, principalmente, difusão da pesquisa e extensão rural. Tais aspectos têm como característica reduzir a distância entre as condições produtivas do “arcaico” e do “moderno”.

REFERÊNCIAS

Almeida, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento rural sustentável. In: Almeida, J.; Navarro, Z. **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**, Porto Alegre: UFRGS, p. 33- 55 1997

Bacha, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Atlas 2004, 226 p.

Balsan, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006

Buainain, A. M. **Trajetória recente da política agrícola brasileira**. Campinas, p. 341, 1999. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/285712>. Acesso em 28 fev. 2017

Cano, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. Rio de Janeiro: Difel, 1977, 317 p.

Delgado, G. C. O que significa a economia política do agronegócio no brasil atual (anos 2000). 2012.
Disponível em: <http://www.reformaagrariaemdados.org.br/biblioteca/artigo-e-ensaio/o-que-significa-economia-pol%C3%ADtica-do-agroneg%C3%B3cio-no-brasil-atual-anos-200> Acesso em: 05 de agosto de 2018

Franco, J.; Pereira, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 187-210, maio/ago. 2008

Gasques, J. G. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários. In: Gasques, J. G.;Vieira Filho, J. E., et al (Ed.). **Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. 1ª edição. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), v.1, 2010. Cap. 1, p.294.

Gonzalez, B. C. R.; Costa, S. M. A. L. Agricultura brasileira: modernização e desempenho. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 5, n. 10 p. 7-35, maio 1998.

Helfand, S.M.; Rezende, G.C. Brazilian agriculture in the 1990s: impact of the policy reforms. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. 39p. (**Texto para a Discussão,** 785)

Hoffmann, R.; Kageyama, A. Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 15, n. 1, p. 171-208, abr. 1985

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo Agropecuários 2006**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>, 2009, Acesso em: 10 jan. 2017

Kageyama, A. (coord.). O Novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: Delgado, G. C.; Gasques, J. G.; Vila Verde, C. M. **Agricultura e Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 1990. cap.11, p. 113-223.

Kageyama, A. **Problemas metodológicos na mensuração do emprego agrícola**. Campinas, Instituto de Economia, UNICAMP, 1986.

Martine, G. A trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia?. **Lua Nova**, v. 1, n. 23, p.7-37, Mar. 1991.

Martine, G.; Garcia, R. C. **Os impactos sociais da modernização agrícola**. São Paulo: Caetes, 1987. 271 p.

Navarro, Z. A Agricultura Familiar no Brasil: entre a política e as transformações da vida econômica. In: Gasques, J. G; Vieira Filho, J. E.; Navarro, Z. (org.) **Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2010, 298 p.

Rezende, G. C.; Políticas trabalhista, fundiária e de crédito agrícola no Brasil: uma avaliação crítica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 1, p. 47-78, jan./mar 2006

Silva, G. B.; Botelho, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 362-387, abr. 2014

Silva, J. G. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Unicamp, 1996, 211 p.

Silva, J. G.; Kageyama, A.; Romão, D. A.; Wagner Neto, J. A.; Pinto, L. C. G. Tecnologia e campesinato: o caso brasileiro. **Revista de Economia Política**, v. 3, n. 4, p. 21-56, out/dez 1983

Souza, P. M.; Lima, J. E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas Unidades da Federação. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 795-824, out/dez 2003

Tangermann, S. Análise das políticas agrícolas do Brasil (Apresentação do estudo da OCDE). **Revista de Política Agrícola**, Edição Especial, p. 4-16, out 2005

Wedekin, I. A política agrícola brasileira em perspectiva. **Revista de Política Agrícola**, Edição Especial, p. 17-32, out 2005

2. DETERMINANTES DA MODERNIZAÇÃO AGROPECUÁRIA EM 4.535 MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM 2006

Resumo

Este trabalho identificou os aspectos relevantes da modernização agropecuária com base nas características de 4.535 municípios brasileiros no ano de 2006. Um modelo de Análise Fatorial foi ajustado, considerando 30 variáveis para captar a adoção de “boas práticas” agropecuárias e o uso de insumos modernos. O processo de modernização foi sintetizado em 4 fatores: Lucratividade e tecnologia poupa-terra; Capitalização e tecnificação da criação animal; Capitalização e tecnificação agrícola; e Relação capital-trabalho. Os resultados apontaram para a concentração regional do fator Lucratividade e tecnologia poupa-terra no Sudeste, no estado do Paraná e na faixa litorânea do país, do fator Capitalização e tecnificação agrícola na região Sul e em partes do Sudeste e do fator Relação capital-trabalho nas regiões Centro Oeste e Sudeste. A capitalização e tecnificação da criação animal, por sua vez, é um aspecto que demonstra distribuição regional mais uniforme. A região nordeste é um caso preocupante com relação à modernização, uma vez que apresentou indicadores pífios em quase todos os aspectos identificados e as políticas públicas adotadas no início dos anos 2000 se mostraram insuficientes para mitigar esse problema.

Palavras-chave: Fatores de modernização; Análise Fatorial; Política agrícola

Abstract

This work identified the relevant aspects of agricultural modernization based on the characteristics of 4,535 Brazilian municipalities in 2006. A Factor Analysis model was adjusted, considering 30 variables to capture the adoption of agricultural "good practices" and the use of modern inputs. The modernization process was synthesized in four factors: Profitability and land-saving technology; Capitalization and technification of animal husbandry; Capitalization and technification of agriculture; and Capital-labor ratio. The results pointed to a regional concentration of the Profitability and land-saving technology in the Southeast region, in the state of Paraná and in the coastal strip of the country, of the Capitalization and technification of agriculture in the South region and in parts of the Southeast region and of the Capital-labor ratio in the Midwest and Southeast regions. The Capitalization and technification of animal husbandry, in turn, is a factor that demonstrates more uniform regional distribution. The northeastern region is a worrying aspect in relation to modernization, since it presented weak indicators in almost all aspects identified and the public policies adopted in the early 2000s proved insufficient to mitigate this problem.

Keywords: Modernization factors; Factor Analysis; Agricultural policy

2.1. Introdução

A agropecuária representou, até o início do século XX, o setor dinâmico da economia brasileira e teve uma trajetória baseada na utilização extensiva de terra e mão-de-obra e na adoção de técnicas tradicionais no processo produtivo até a década de 1950 (Franco e Pereira, 2008). As tecnologias mais sofisticadas se restringiam a casos como o do café para exportação (Silva e Botelho, 2014). A partir da crise de 1929, a política econômica brasileira foi orientada pela industrialização por substituição de importações, criando sua indústria de base e, após 1950, intensificando o processo de modernização da agropecuária e desenvolvendo também a indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, de defensivos e fertilizantes e outras indústrias relacionadas à agricultura.

Essa fase do processo de modernização da agropecuária brasileira foi pautada em forte intervenção do Estado, com o objetivo de conectar os diversos setores da economia e facilitar a acumulação de capital (Silva e Botelho, 2014) e que vinha se configurando desde a década de 1950, com a criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da atuação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (posterior SUDENE) e do aparato institucional utilizado para viabilizar o Plano de Metas (Buainain. 1999).

Os objetivos de tal intervenção eram bastante claros: "*promover a expansão da oferta agropecuária, a expansão e diversificação das exportações e assegurar a normalidade do abastecimento doméstico*" [...] que seriam alcançados "*através da modernização da base técnica, fortalecimento da agroindústria e incorporação de novas terras*" (Buainain, 1999, pág. 120-121). De acordo com Almeida (1997), a modernização da agricultura esteve ancorada em quatro noções básicas: crescimento/desenvolvimento econômico e político; abertura técnica, econômica e cultural; especialização e dependência da produção a montante, a jusante e com a sociedade global; e o surgimento de um perfil de agricultor individualista e competitivo.

Nas décadas de 1960 e 1970, época áurea da política agrícola brasileira, o processo tomou seus mais fortes contornos. Consolidou-se a partir do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND – década de 1970) e "*visava desenvolver internamente o setor de insumos para a agricultura*" (Franco e Pereira, 2008, pág. 189). Para tanto, o Estado utilizou-se de um conjunto de instrumentos como o crédito rural subsidiado, este com papel central, e programas de pesquisa agronômica e extensão rural (Souza e Lima, 2003). Foram importantes também a política de garantia de preços mínimos, a política de seguro rural e as políticas de pesquisa e extensão agropecuária (Bacha, 2004). Esse período é denominado por Kageyama et al. (1990) como o de "industrialização da agricultura".

De acordo com Bacha (2004, pág. 65) "*Durante as décadas de 1970 e 1980, o crédito rural beneficiou, principalmente, as culturas de exportação, as regiões Sul e Sudeste e os médios e grandes produtores rurais*". Isso ocorreu por que esses produtores apresentavam o perfil adequado ao plano macroeconômico do Governo Federal de incentivo às exportações: os produtos integrados ao mercado internacional (soja, milho, café, cana-de-açúcar, trigo e arroz) eram cultivados no Centro-Sul brasileiro por médios e grandes produtores, que possuíam maior capacidade administrativa e facilidade na tomada de empréstimos (Bacha, 2004).

O processo de modernização, portanto, se deu de forma diferenciada ao longo de suas fases, tanto entre as diversas regiões brasileiras, quanto com relação aos produtos "escolhidos" para receber maior apoio estatal, o que beneficiou alguns grupos de produtores. Segundo Silva et. al (1983), o padrão tecnológico não foi totalmente absorvido pelos pequenos produtores nem mesmo planejado para eles, devido às escalas mínimas de produção requeridas, à insuficiência de recursos próprios (produtivos e financeiros) e à dificuldade de acesso por parte desses produtores às principais e mais atrativas fontes de financiamento.

A modernização agropecuária brasileira tem sido abordada empiricamente sob diferentes recortes espaço-temporais desde seu marco inicial até a atualidade. Maior esforço foi dedicado ao tema entre meados dos anos 1970 e 1980, logo após o período em que o Estado brasileiro, dada a estrutura político-econômica vigente, exercia maior influência sobre a economia.

Hoffmann e Kassouf (1989a) caracterizaram a agropecuária de 332 Microrregiões Homogêneas (MRH) brasileiras [exclusive a região Norte] no ano de 1980, com base nos dados do Censo Agropecuário. Os autores adotaram a metodologia de Análise Fatorial para "resumir" 32 variáveis relativas ao uso de insumos considerados modernos, como o uso de tratores, fertilizantes, mão-de-obra, consumo de energia elétrica, gastos com combustíveis, defensivos agrícolas, entre outras, em dois fatores principais que consideraram representar a "intensidade de exploração da terra" e a "relação capital/trabalho". Demonstraram a grande disparidade entre as microrregiões pertencentes à região Nordeste e as demais MRHs.

Hoffmann (1992) partiu de uma abordagem semelhante e um recorte espaço-temporal que considerava 157 MRHs do Brasil e os anos de 1970, 1975 e 1980 para a análise. Os resultados corroboram aqueles encontrados no trabalho anterior. Hoffmann e Kageyama (1985) avaliaram os efeitos do processo de modernização sobre o rendimento médio, índice de pobreza e desigualdade de renda com base nos dados do Censo Agropecuário de 1975 e no Censo Demográfico de 1980, encontrando evidências de que o grau de modernização está associado

positivamente ao nível de renda per capita e à desigualdade da distribuição de renda no setor agropecuário, bem como apresenta relação negativa com o nível de pobreza rural.

Hoffmann e Kassouf (1989b) calcularam os índices de modernização por meio de Análise Fatorial e avaliaram seu efeito sobre índices de desigualdade de renda e de pobreza, considerando 158 MRHs de oito estados brasileiros, apontando um efeito positivo da modernização sobre o rendimento médio per capita das famílias e um efeito negativo da modernização sobre a desigualdade de renda.

Souza e Lima (2003) utilizaram-se do mesmo aparato metodológico para abordar a intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil de 1970 a 1995, demonstrando as disparidades da modernização entre as unidades da Federação. Os autores apontam para um processo de modernização menos intenso na maioria dos estados do Norte e Nordeste e mais intenso na região Centro-Sul. Além disso, apontam para uma expressiva retração desse processo na década de 1980, devido à contração do crédito rural e à elevação de seu custo, embora o processo de modernização em si não tenha sido totalmente interrompido.

Balsan (2006) realizou uma revisão de literatura sobre os impactos ambientais e socioeconômicos da modernização no Brasil, enfatizando o agravamento das questões ambientais e a insustentabilidade do uso de agrotóxicos, o inchamento das cidades, a concentração de terras e da renda e a intensificação das lutas sociais. Destacou, ainda, as disparidades regionais que deram base ao processo de modernização (em sua fase de industrialização da agricultura) e se intensificaram por meio dele, dando-o as denominações de "modernização dolorosa", "modernização parcial", "modernização conservadora" e "modernização excludente".

Corrêa e Figueiredo (2006) analisaram a modernização da agricultura brasileira no início dos anos 2000 e ressaltaram que a desigualdade regional em termos de adoção de tecnologia e modernização, explicitada nos trabalhos de Hoffmann (1992) e Hoffmann e Kassouf (1989a, 1989b), ainda é presente no Brasil. Destacaram, ainda, que os anos 2000 foram marcados pelo aumento da intensidade do uso de capital e da produtividade, especialmente no Centro-Oeste. O Nordeste, por sua vez, manteve todos seus estados com indicadores de modernização abaixo da média nacional.

Outros trabalhos destacaram que esse processo foi heterogêneo também dentro dos estados brasileiros. Souza e Khan (2001) analisaram o caso do Maranhão, caracterizado pelo grande contraste do nível tecnológico empregado em seus municípios: "*131 municípios do total de 136, apresentaram níveis tecnológicos na agricultura inferiores aos 50% do nível tecnológico verificado no município mais modernizado*" (Souza e Khan, 2001, pág. 105).

Franco e Pereira (2008) destacaram o caso do Paraná, privilegiado no acesso aos "drivers" da modernização. Segundo os autores, como o processo de modernização foi intensificado nos anos 1960 e, sobretudo nos anos 1970, período de crédito farto e barato, o Paraná realizou a reestruturação necessária para que, na chamada "década perdida" (1980) e no período de abertura comercial e intensa concorrência internacional (anos 1990), conseguisse superar os desafios enfrentados. Por outro lado, Llanilo et. al (2006) classificaram os municípios paranaenses em 11 grupos distintos em termos de modernização a partir da análise de clusters, demonstrando que a heterogeneidade oriunda do processo ocorre mesmo dentro do estado. Fajardo (2008), por sua vez, destacou o papel das cooperativas no processo de modernização agrícola paranaense, responsáveis pela rápida adesão dos produtores associados às inovações tecnológicas.

Paz, Freitas e Nicola (2006) analisaram o caso do Rio Grande do Sul, destacando o papel da produtividade do trabalho, do nível de capital empregado e da irrigação, importante componente na agricultura de um estado em que a rizicultura é representativa. Os autores demonstraram que o cultivo do arroz irrigado recebeu o maior impacto dos drivers da modernização e, consequentemente, os municípios que possuem essa cultura em sua pauta produtiva estão em um estágio superior de desenvolvimento. Todavia, as disparidades entre os municípios permanecem, delineando um ambiente "atrasado" na fronteira noroeste (próximo à Santa Catarina) e "moderno" na fronteira oeste e divisa com o Uruguai.

Cruz, Ribeiro e Lima (2006) utilizaram-se de análise fatorial e análise de cluster para tratar o tema na mesorregião de Campo das Vertentes (MG), chegando a quatro fatores: o uso da terra; a relação capital/trabalho; financiamentos e despesas gerais; e despesas com assistência técnica e insumos. Os resultados mostram que 59% dos municípios analisados encontram-se no menor nível de modernização, caracterizando a mesorregião como pouco modernizada. Ainda sobre o estado de Minas Gerais, Campos, Pereira e Teixeira (2014) apontam para quatro trajetórias distintas da produção agropecuária entre suas microrregiões, todas elas tendo em comum a modernização e mudanças tecnológicas, embora diferenciem bastante em termos de adoção de práticas de conservação do meio ambiente.

Os trabalhos de cunho empírico citados analisaram a temática da modernização agropecuária e trouxeram grandes avanços no entendimento do tema, destacando o papel de aspectos como a intensidade de exploração da terra, a relação capital-trabalho, o grau de mecanização, a produtividade e o nível de capitalização na agropecuária. Por um lado, sob uma menor desagregação regional (UFs ou MRHs), a região Centro-Sul é apontada pela literatura como aquela que mais se beneficiou do processo, com ganhos de produtividade, inserção

internacional e aumento da competitividade ao ponto de tornar o Brasil um dos principais players internacionais do agronegócio. Por outro lado, sob um recorte regional mais restrito e com maior desagregação regional dos dados (municípios), a literatura traz evidências de heterogeneidade produtiva e econômica dentro dos próprios estados, mesmo naqueles que representam a vanguarda da modernização agropecuária brasileira. Dessa forma, os resultados dessas duas classes de trabalhos são de difícil comparação.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi identificar os aspectos relevantes da modernização agropecuária presentes no ano 2006, com desagregação ao nível municipal e abrangência de mais de 80% dos municípios brasileiros (4.535 municípios), realizando a comparação entre esses municípios em cada um desses aspectos e permitindo melhor entendimento dos determinantes e do grau de modernização/atraso na agropecuária brasileira recente, bem como do grau de heterogeneidade entre e dentro das regiões.

2.2. Metodologia

A Análise Fatorial (*factor analysis*) consiste em um conjunto de métodos/técnicas de análise estatística com objetivo central de "resumir" a informação relevante de um conjunto grande de variáveis observáveis em um número reduzido de variáveis latentes ou fatores. O grupo de variáveis observáveis passa a ser representado por um grupo de fatores comuns que maximize a parcela explicada de sua variância.

Dadas as múltiplas facetas do processo de modernização, este método é de grande interesse para a análise e tem sido utilizado por diversos trabalhos, como (Campos, Pereira e Teixeira, 2014), (Corrêa e Figueiredo, 2006), (Cruz, Ribeiro e Lima, 2006), (Franco e Pereira, 2008) (Hoffmann e Kageyama, 1985), (Hoffmann e Kassouf, 1989a; 1989b), entre outros.

2.2.1. O modelo de análise fatorial

Assume-se, primeiramente, que a relação entre as variáveis observáveis e os fatores seja linear (Hoffmann, 2002). Para eliminar os efeitos de escala e unidades de medida, as variáveis são normalizadas, o que consiste em "*expressar em desvios-padrão, os desvios das observações originais em relação à sua média*" (Souza e Lima, 2003), de forma que todas as variáveis tenham a mesma variância e sua participação na determinação dos componentes principais dependa apenas das suas correlações com as demais variáveis (Hoffmann, 2002).

O modelo básico de análise fatorial é descrito conforme a equação (1)

$$\boldsymbol{X} = \boldsymbol{AF} + \boldsymbol{UY} \qquad (1)$$

Onde: $\boldsymbol{X}$ é a matriz normalizada de *k* variáveis por *n* observações; $\boldsymbol{F}$ é a matriz *m x n* de fatores comuns; $\boldsymbol{Y}$ é a matriz *k x n* de fatores específicos; **A** é a matriz *k x m* de coeficientes dos fatores comuns e **U** é a matriz *n x k* de coeficientes dos fatores específicos.

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix}$$
$$\boldsymbol{Y} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{k1} & y_{k2} & \cdots & y_{kn} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{km} \end{bmatrix} \tag{2}$$
$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} u_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & u_2 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & u_k \end{bmatrix}$$

Com exceção de métodos de extração de fatores oblíquos, as seguintes condições de ortogonalidade devem ser respeitadas:

$$\boldsymbol{YY'} = \boldsymbol{I_k} \tag{3.1}$$
$$\boldsymbol{FF'} = \boldsymbol{I_m} \tag{3.2}$$
$$\boldsymbol{FY'} = \boldsymbol{0} \tag{3.3}$$

A equação (3.1) atende à condição de variância unitária e ortogonalidade entre os fatores específicos; a equação (3.2) atende às mesmas condições para o caso dos fatores comuns; e a equação (3.3) garante a ortogonalidade entre os fatores comuns e específicos. Tomando a matriz $\boldsymbol{R}$ de correlações simples (correlações de Pearson) de $\boldsymbol{X}$:

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{XX'} = \boldsymbol{AA'} + \boldsymbol{UU'} = \boldsymbol{AA'} + \boldsymbol{U^2} \tag{4}$$

E considerando um elemento da diagonal de $\boldsymbol{R}$, chega-se a:

$$1 = \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^2 = \sum_{p=1}^{m} a_{ip}^2 + u_i^2 \quad para\ i = 1, \dots, k \tag{5}$$

Os dois últimos termos da equação (5) representam, respectivamente, as proporções das variâncias de $\boldsymbol{x_i}$ devidas a cada um dos fatores. A parte associada aos *m* fatores comuns é denominada comunalidade (equação (6)) e a parte da *i*-ésima variável associada ao fator específico é denominada especificidade (u_i^2).

$$h_i^2 = \sum_{p=1}^{m} a_{ip}^2 \tag{6}$$

Os coeficientes a_{ip} são denominados cargas fatoriais e compõem a matriz de cargas fatoriais. Eles são, justamente, a correlação simples entre a variável x_i e o fator f_p. Os scores fatoriais representam o grau de modernização agropecuária sob cada aspecto (fator) analisado para os diversos municípios. São obtidos pela multiplicação do vetor de cargas fatoriais, após a rotação de fatores, pela matriz de dados normalizados, conforme a equação (7).

$$F_j^p = \sum_{i=1}^{k} b_i . X_{ij} \tag{7}$$

Onde F_{jp} é o score fatorial do município j para o fator p, b_i são as cargas fatoriais após a rotação de fatores e X_{ij} são os dados normalizados.

A definição do número de fatores a ser extraído pode ser arbitrada pelo pesquisador *a priori* ou obedecer a algum critério, como o grau explicação da variância associado com cada fator (critério do autovalor) ou o incremento marginal de cada fator no modelo (gráfico de declive ou *scree plot*). O autovalor de um fator representa o quanto esse fator explica da variância do conjunto de variáveis. Fatores com autovalor inferior a 1 possuem um incremento na explicação da variância inferior ao das variáveis originais, sendo descartados. Nesse trabalho foram utilizados três critérios: o gráfico de declive; o critério do autovalor; e a estimativa do número ótimo de fatores, conforme proposto em Josse & Husson (2012).

2.2.2. Adequação dos dados

Para avaliar a adequação dos dados à análise fatorial, foi calculado o índice de Kaiser-Mayer-Olkin (equação 8), que assume valores entre 0 (indicando inadequação dos dados à análise fatorial) e 1 (indicando perfeita adequação) e, convencionalmente, são aceitos valores acima de 0,5 para julgar a amostra como adequada.

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^{k} \sum_{t \neq i} r^2(x_i, x_t)}{\sum_{i=1}^{k} \sum_{t \neq i} r^2(x_i, x_t) + \sum_{i=1}^{k} \sum_{t \neq i} \pi^2(x_i, x_t)} \tag{8}$$

Onde: $r(x_i, x_t)$ é o coeficiente de correlação entre x_i e x_t e $\pi(x_i, x_t)$ é o coeficiente de correlação parcial entre x_i e x_t, dadas as demais variáveis.

Também foi realizado o teste T de esfericidade de Bartlett, com hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, que as variáveis seriam ortogonais, impossibilitando sua representação por meio de fatores comuns.

Obtidos os resultados da análise fatorial, utiliza-se comumente de algum método de rotação de fatores para aproximar o respectivo fator obtido do feixe de variáveis ao qual está mais correlacionado, mantendo a ortogonalidade (com exceção da rotação oblíqua). Isso faz com que as cargas fatoriais de um determinado grupo de variáveis aumentem com relação ao fator com o qual estão mais fortemente correlacionadas e diminuam com relação aos demais, facilitando a interpretação e mantendo a proporção total explicada da variância dos dados.

Os métodos de rotação de fatores comumente utilizados são: Varimax – rotação ortogonal que minimiza a ocorrência de uma variável possuir altas cargas fatorais para diferentes fatores; Quartimax – rotação ortogonal que minimiza o número de fatores necessários para explicar satisfatoriamente cada variável (Corrar, Paulo e Dias Filho, 2012); Equimax: rotação ortogonal ponderada dos métodos Varimax e Quartimax; Direct Oblimin e Promax: rotações oblíquas (fatores não independentes entre si) que permitem alcançar autovalores elevados, mas dificultam a interpretação. Foi adotado, neste trabalho, o método Varimax. Todos os procedimentos foram efetuados por meio do software R (versão 3.4.3) e com o uso dos pacotes "*stats*", "*psych*", "*GPArotation*", "*FactoMiner*".

2.2.3. Definição das variáveis

As variáveis elencam os chamados "insumos modernos" utilizados na agropecuária e estão, em grande medida, baseadas nos trabalhos de Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b), Souza e Lima (2003) e Campos, Pereira e Teixeira (2014). Algumas variáveis desses três trabalhos foram descartadas por não representarem mais aquilo que se considera um insumo moderno, como o caso do número de arados de tração animal por equivalente-homem, ou por fugirem ao escopo do trabalho, como a proporção dos estabelecimentos que utilizaram terraços. Outras foram incrementadas e/ou modificadas visando maior aproximação com a realidade, uma vez que os dados do Censo Agropecuário de 2006 permitem tal exploração.

Diversas das variáveis utilizadas são compostas por razões, nas quais os denominadores são: o total de estabelecimentos agropecuários do município (TE); a área total de pastagem (AP); a área aproveitável para práticas agropecuárias (AA); área de lavoura permanente e temporária (AL) e o pessoal ocupado nos estabelecimentos expresso em Equivalente-Homem-Ano (EHA).

Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b) utilizam-se do conceito de equivalente-homem para equalizar a força de trabalho exercida por mulheres não-assalariadas e crianças na agricultura, com base em metodologia proposta por Silva e Kageyama (1983). Kageyama, Bergamasco e Oliveira (2014), por outro lado, realizaram uma outra ponderação que busca

mensurar a força de trabalho ao longo de todo o ano nos estabelecimentos, uma vez que a informação contida no Censo Agropecuário se refere ao número de pessoas ocupadas no dia 31 de dezembro de 2006. Para isso, as autoras levam em consideração a quantidade média de dias trabalhados ao longo do ano, chegando ao conceito de equivalente-ano. Este trabalho tentou de unir as duas ponderações, visando uma medida mais acurada da força de trabalho com o conceito de equivalente-homem-ano[4], descrito pela equação (9):

$$EHA_i = \sum_{i=1}^{n} (H_i + 0{,}8.M_i + 0{,}6.C_i)(0{,}08.T_{(0-60)i} + 0{,}33.T_{(60-180)i} + 0{,}75.T_{(180-360)i}) \quad (9)$$

Onde: H_i, M_i e C_i são as porcentagens de homens, mulheres e crianças, respectivamente, que compõem pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários do município *i*; $T_{(0\text{-}60)i}$, $T_{(61\text{-}180)i}$ e $T_{(181\text{-}360)i}$ são as quantidades de pessoas que trabalharam de 0 a 60 dias, de 61 a 180 dias e de 181 a 360 dias, respectivamente, ao longo do ano.

O nível de escolaridade médio das pessoas que dirigem os estabelecimentos em um município *i* foi definido como a soma das porcentagens de dirigentes em cada grau de escolaridade, ponderada por uma escala discreta de 0 a 5, na qual 0 significa o menor nível de escolaridade e 5 o maior, e dividida pelo maior valor de ponderação, conforme equação (10):

$$NE_i = \frac{0.A_i + 1.B_i + 2.C_i + 3.D_i + 4.E_i + 5.F_i}{5} \quad (10)$$

Onde: A_i é a porcentagem de dirigentes que não sabe ler e escrever em um município *i* qualquer; B_i a porcentagem de dirigentes que formação, mas sabe ler e escrever; C_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino fundamental incompleto ou participou de algum programa para alfabetização de adultos; D_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino fundamental completo; E_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino médio completo (técnico ou não); e F_i a porcentagem de dirigentes que possui formação superior. Esse índice possui o intervalo [0;1]; o limite inferior é obtido quando a totalidade dos dirigentes de um município não sabe ler e escrever e o limite superior é obtido quando a totalidade desses dirigentes possui formação superior.

O nível de orientação técnica recebida pelas pessoas que dirigem os estabelecimentos foi definido como a soma das porcentagens de dirigentes em cada classe de orientação,

4 O procedimento consiste em realizar a ponderação de Silva e Kageyama (1983) e, então, ponderar essa nova variável pela fração de ano trabalhada, conforme Kageyama, Bergamasco e Oliveira (2014).

ponderada por uma escala discreta de 0 a 2, na qual 0 representa o caso em não há orientação técnica e 2 representa o caso em que há orientação técnica regularmente, dividida pelo maior fator de ponderação conforme equação (11):

$$OT_i = \frac{0.NR_i + 1.RO_i + 2.RR_i}{2} \tag{11}$$

Onde: NR_i é a porcentagem de dirigentes que não recebeu orientação técnica; RO_i é a porcentagem de dirigentes que recebeu orientação técnica ocasionalmente; e RR_i é a porcentagem de dirigentes que recebeu orientação técnica regularmente. Novamente, o intervalo desse índice é [0;1], no qual o valor 0 é obtido quando a totalidade dos dirigentes dos estabelecimentos de um município não recebe qualquer orientação técnica e o valor 2 é obtido quando essa totalidade recebe orientação técnica regularmente.

O nível de adoção de suplementação animal foi definido conforme a equação (12):

$$S_i = \frac{0.NU_i + 1.US_i + 2.UR_i}{2} \tag{12}$$

Onde NU_i é a porcentagem de estabelecimentos que não utiliza suplementação animal em um município *i*; US_i é a porcentagem de estabelecimento que utiliza sal como suplementação animal; e UR_i é a porcentagem de estabelecimentos que utiliza ração, grãos e subprodutos agroindustriais como suplementação animal. A interpretação e intervalo é análoga aos demais casos demonstrados.

O índice de integração com o mercado foi definido conforme a equação (13):

$$II_i = \frac{0.NI_i + 1.PI_i + 2.I_i + 3.MI_i}{3} \tag{13}$$

Onde: NI_i é a porcentagem de estabelecimentos que não declararam o seu grau de integração com o mercado; PI_i é a porcentagem de estabelecimentos pouco integrados ao mercado; I_i é a porcentagem de estabelecimentos integrados ao mercado; e MI_i é a porcentagem de estabelecimentos muito integrados em um determinado município *i*. O intervalo e a interpretação desse índice são análogos aos casos anteriores.

As variáveis foram ponderadas pelo PIB da agropecuária do respectivo município, de forma a considerar o peso econômico de cada município na determinação dos fatores de modernização: "*A ponderação também pode ser justificada como uma tentativa de levar em consideração a heterocedasticia dos indicadores de modernização*" (Hoffmann e Kassouf,

1989a). Todos os dados foram obtidos no Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) e as variáveis são descritas a seguir:

X1 – Estabelecimentos que utilizaram força de trabalho mecânica/TE;

X2 – Área de pastagem plantada/AP;

X3 – Área trabalhada/AA;

X4 – Área com lavouras permanentes e temporárias/AA;

X5 – Número de tratores/EHA;

X6 – Número de máquinas e implementos agrícolas/EHA;

X7 – Estabelecimentos que tiveram financiamentos no ano de referência/TE;

X8 – Estabelecimentos que realizaram despesas com combustíveis/TE;

X9 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio em nível/TE;

X10 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio direto na palha/TE;

X11 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de rotação de cultura/TE;

X12 – Valor dos veículos, tratores, máquinas e implementos/AL;

X13 – Valor dos veículos, tratores, máquinas e implementos/EHA;

X14 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração para animais/TE;

X15 – PIB da agropecuária/AA;

X16 – PIB da agropecuária/EHA;

X17 – Estabelecimentos que realizaram despesas com adubos/TE;

X18 – Estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo/TE;

X19 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sementes e mudas/TE;

X20 – Estabelecimentos que realizaram despesas com agrotóxicos/TE;

X21 – Estabelecimentos que realizaram despesas com compra de animais/TE;

X22 – Estabelecimentos que realizaram despesas com medicamentos para animais/TE;

X23 – Estabelecimentos que utilizaram energia elétrica/TE;

X24 – Índice médio do nível de escolaridade da pessoa que dirige o estabelecimento;

X25 – Índice médio do nível de orientação técnica recebida pela pessoa que dirige o estabelecimento;

X26 – Índice médio de uso de suplementação animal;

X27 – Estabelecimentos muito especializados/TE;

X28 – Estabelecimentos especializados/TE;

X29 – Estabelecimentos associados à cooperativa ou entidades de classe/TE;

X30 – Índice médio de integração com o mercado;

A Tabela 1 traz as estatísticas descritivas das variáveis selecionadas para um conjunto de 4.535 municípios brasileiros, que representam todas as regiões político-administrativas.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas (não-ponderadas)

Variável	Unidade de medida	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
X1	%	0,37	0,36	0,24	0,00	0,98
X2	%	0,50	0,50	0,30	0,00	1,00
X3	%	0,50	0,50	0,21	0,01	0,99
X4	%	0,26	0,19	0,22	0,00	0,96
X5	Un/EHA	0,12	0,07	0,13	0,00	0,90
X6	Un/EHA	0,59	0,43	0,56	0,00	3,68
X7	%	0,19	0,15	0,15	0,00	0,85
X8	%	0,51	0,52	0,20	0,00	0,95
X9	%	0,32	0,28	0,23	0,00	0,99
X10	%	0,13	0,03	0,22	0,00	0,96
X11	%	0,14	0,06	0,18	0,00	0,96
X12	R$ mil/ha.	1,03	0,78	1,30	0,04	56,92
X13	R$ mil/EHA	24,98	15,61	36,22	0,48	883,88
X14	%	0,43	0,44	0,24	0,00	0,96
X15	R$ mil/ha.	0,70	0,43	0,92	0,02	17,98
X16	R$ mil/EHA	14,88	10,65	17,71	0,44	315,70
X17	%	0,37	0,34	0,29	0,00	0,99
X18	%	0,13	0,09	0,13	0,00	0,70
X19	%	0,17	0,11	0,18	0,00	0,91
X20	%	0,31	0,23	0,26	0,00	0,98
X21	%	0,25	0,22	0,14	0,02	0,95
X22	%	0,62	0,66	0,22	0,00	0,98
X23	%	0,75	0,81	0,20	0,02	1,00
X24	Índice	0,41	0,43	0,13	0,10	0,83
X25	Índice	0,22	0,19	0,18	0,00	0,86
X26	Índice	0,62	0,63	0,10	0,00	1,00
X27	%	0,23	0,22	0,14	0,00	0,89
X28	%	0,37	0,36	0,11	0,05	0,82
X29	%	0,40	0,39	0,22	0,00	0,98
X30	Índice	0,59	0,58	0,12	0,13	0,96

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009)

O percentual médio de estabelecimentos que fazem o uso de força mecânica (X1) nos municípios da amostra é de apenas 37% e a mediana indica que em metade dos municípios esse percentual é inferior a 36%, demonstrando um grande potencial de mecanização. O número médio de tratores por EHA (X5) apresentou valor de 0,12, o que equivale a cerca de 1 trator

para cada 8 trabalhadores. No entanto, a mediana de 0,07 revela que em metade dos municípios da amostra essa relação é inferior a 1 trator para cada 14 trabalhadores. São baixos também o número médio de máquinas e implementos agrícolas por EHA (X6), que apresenta média de 0,59 e mediana de 0,43.

As evidências de disparidade entre os municípios se mostram presentes já na análise descritiva, dada a coexistência de municípios com nenhum estabelecimento utilizando-se de força mecânica, como os casos de Muaná – PA e Piraí do Norte – BA, e de municípios nos quais mais de 95% dos estabelecimentos fazem o uso de força mecânica, como os municípios de Sapezal – MT e Colorado – PR.

O valor médio desembolsado em máquinas e equipamentos também diverge consideravelmente entre os municípios. O valor médio por área de lavoura (X12) é de pouco mais de R$ 1.000,00/ha, com mediana de R$ 780,00/ha, enquanto existem municípios nos quais o desembolso médio com máquinas e equipamentos por hectare se aproxima dos R$ 57 mil. O desembolso médio em máquinas e equipamentos por EHA (X13) é de aproximadamente R$ 25 mil e também apresenta grande amplitude entre os municípios.

O percentual médio de estabelecimentos que realizaram gastos com combustíveis (X8) ou energia elétrica (X23) é menos preocupante (51% e 75%, respectivamente), apontando para uma maior difusão no uso dessas fontes de energia, embora existam ainda grande potencial de expansão desses tipos de energia no campo.

Com relação à proporção de áreas de pastagem plantada (X2), a distribuição entre os municípios não é tão assimétrica: 50% da área de pastagens da amostra é composta por pastagens plantadas e em metade dos municípios da amostra esse percentual é inferior a 50% (mediana). O mesmo ocorre para o caso da área trabalhada como proporção da área aproveitável (X3), o que indica o potencial de intensificação do uso da terra.

Com relação à proporção de lavouras permanentes e temporárias sobre a área aproveitável (X4), os municípios possuem média de 26% e mediana de 19%. Novamente, por meio dos valores máximos e mínimos das variáveis, nota-se a coexistência de realidades bastante distintas nas regiões brasileiras.

A proporção média de estabelecimentos que obteve financiamento no ano de referência (X7) é de 19%. Preocupa ainda o fato de que, em metade dos municípios da amostra, menos de 15% dos estabelecimentos obteve financiamentos, enquanto municípios como Barra

Funda – RS, Novo Xingú – RS e Xavantina – SC tiveram mais de 75% de seus estabelecimentos financiados[5].

As proporções médias de estabelecimentos que realizaram despesas com adubos (X17), corretivos do solo (X18), sementes e mudas (X19) e agrotóxicos (X20) foram de 37%, 13%, 17% e 31%, respectivamente, indicando baixo percentual de adoção desses insumos e elevada heterogeneidade entre os municípios, uma vez que existem muitos casos nos quais os estabelecimentos não utilizam nenhum desses insumos, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, e vários outros casos em que quase todos os estabelecimentos fazem o uso de um ou mais desses insumos, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste.

Os percentuais médios de estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração para animais (X14), compra de animais (X21) e compra de medicamentos para animais (X22) foram, respectivamente, de 43%, 25% e 62%. Nesses casos, a mediana está próxima da média, todavia, como a amplitude (diferença entre o máximo e mínimo) ainda é grande em todos esses aspectos, a dispersão persiste. Essa amplitude pode ser vista também no índice de suplementação animal (X26).

O percentual médio de estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio em nível (X9), plantio direto na palha (X10) e rotação de culturas (X11) foi, respectivamente, de 32%, 13% e 14%, valores expressivamente baixos. As medianas dessas variáveis apresentaram valores abaixo das médias, apontando para distribuições assimétricas à direita, com forte concentração de municípios nos quais o percentual de adoção dessas técnicas é muito baixo, sobretudo o plantio direto e a rotação de culturas.

O índice médio de escolaridade dos dirigentes dos estabelecimentos (X24) é de 0,41, ilustrando a baixa qualificação encontrada no meio rural brasileiro. Ainda mais preocupante é o grau de orientação recebida (X25), com índice médio de 0,22 (em uma escala de 0 a 1), o que contribui para a perpetuação de um perfil médio de agricultor pouco qualificado. Essa é uma das características mais marcantes do perfil dos produtores, uma vez que, dentro do pacote de modernização baseado em crédito, garantia de preços e pesquisa e extensão rural, a atenção dada a essa última faceta é sempre menor e mais concentrada regionalmente.

Metade dos municípios brasileiros apresentam nível médio de integração de seus estabelecimentos com o mercado (X30) inferior a 0,52, o que reflete a desvinculação de boa parte dos estabelecimentos da venda de seus produtos ao mercado, devido aos maiores níveis

5 Esses dados não levam em consideração se houve tentativa frustrada de obtenção de financiamentos por parte dos estabelecimentos.

de eficiência e produtividade exigidos e que poderiam possibilitar melhores oportunidades aos pequenos agricultores. Uma das estratégias de acesso a tais mercados é a formação de cooperativas ou entidades de classe (X29), que possibilitam maior poder de barganha aos pequenos produtores tanto na venda de seus produtos quanto na compra de insumos modernos e na difusão de conhecimento de técnicas de produção e comercialização. Todavia, existem ainda muitos municípios em que o cooperativismo é pouco difundido/adotado.

Devido ao (in)acesso aos mercados mais dinâmicos, muitos estabelecimentos se caracterizam pela produção diversificada e de subsistência, com baixo grau de especialização (X27 e X28). A diversificação produtiva não é em si um aspecto negativo em termos de modernização. Porém, assumindo que o pacote de modernização impõe escalas mínimas eficientes de produção para acessar os mercados mais dinâmicos, a diversificação em estabelecimentos de menor porte se associa à produção para subsistência e/ou à venda em mercados menos dinâmicos. Por fim, as variáveis ligadas à geração de valor econômico – PIB/AA (X15) e PIB/EHA (X16) – apresentam grandes diferenças entre os municípios e relativa concentração de municípios abaixo dos níveis médios nacionais.

A Tabela 2 ilustra os resultados do teste de adequação da amostra de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) parciais e total e do teste de esfericidade de Bartlett.

Tabela 2. Medidas e testes de adequação da amostra

KMO Total					0,96
		KMO Parcial			
Variável	Valor	Variável	Valor	Variável	Valor
X1	0,97	X11	0,96	X21	0,98
X2	0,94	X12	0,96	X22	0,95
X3	0,94	X13	0,94	X23	0,98
X4	0,94	X14	0,95	X24	0,97
X5	0,93	X15	0,94	X25	0,97
X6	0,95	X16	0,93	X26	0,97
X7	0,97	X17	0,96	X27	0,90
X8	0,98	X18	0,97	X28	0,93
X9	0,98	X19	0,98	X29	0,99
X10	0,92	X20	0,98	X30	0,95
			Chi-squared		289.983,60
Teste de esfericidade de Bartlett			Gl		435,00
			P-valor		0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Os testes apontaram, em ambos os casos, que a amostra é adequada para a realização de análise fatorial. A medida KMO apresentou o valor de 0,96 no teste conjunto da base de dados e apresentou valores superiores a 0,90 para todas as variáveis separadamente. Pelo teste de Bartllet, rejeita-se a hipótese nula de que a matriz de correlação seja uma matriz identidade ao nível de significância de 1%.

Uma vez que os testes apontaram para uma satisfatória adequação da amostra para a análise fatorial, foi realizada a extração de fatores. Inicialmente foi utilizada a análise de componentes principais para extração e definição do número ótimo e, posteriormente, a extração foi realizada por máxima verossimilhança (método mais robusto), utilizando-se três critérios de definição do número de fatores a serem extraídos: o critério do autovalor > 1; o gráfico de declive; e a determinação do número ótimo de componentes principais por meio de validação cruzada[6], conforme metodologia de Josse & Husson (2012)[7]. Após essa etapa os fatores extraídos foram rotacionados pelo método Varimax.

2.3. Resultados

Os resultados obtidos pela aplicação do teste de Josse & Husson (2012) apontaram para um número ótimo de 4 componentes principais. A Figura 1 consiste no gráfico de declive e mostra a grande contribuição do primeiro fator para a explicação da variância total, embora essa contribuição seja redistribuída entre os demais fatores após a rotação. A partir do quarto componente principal os autovalores assumem valores inferiores a 1, corroborando os resultados do teste de Josse e Husson (2012) e, portanto, são desconsiderados da análise. Seguindo os critérios supracitados, foram extraídos 4 fatores pelo método da máxima verossimilhança e rotacionados pelo método Varimax. A Tabela 3 ilustra os valores da soma dos quadrados das cargas fatoriais (*SS loadings*), a proporção da variância do conjunto de variáveis explicada por cada fator e a variância acumulada.

---

[6] Consiste na decomposição dos autovalores com base no particionamento da matriz de dados e exclusão de uma ou mais partições. A partir daí as propriedades das amostras removidas são previstas pelos parâmetros estimados e os resíduos obtidos são computados e comparados, determinando-se o modelo de maior acurácia.

[7] A proposta de Josse e Husson (2012) consiste em uma aproximação ao método de validação cruzada *Leave-One-Out* com a vantagem de apresentar menor custo computacional em amostras grandes.

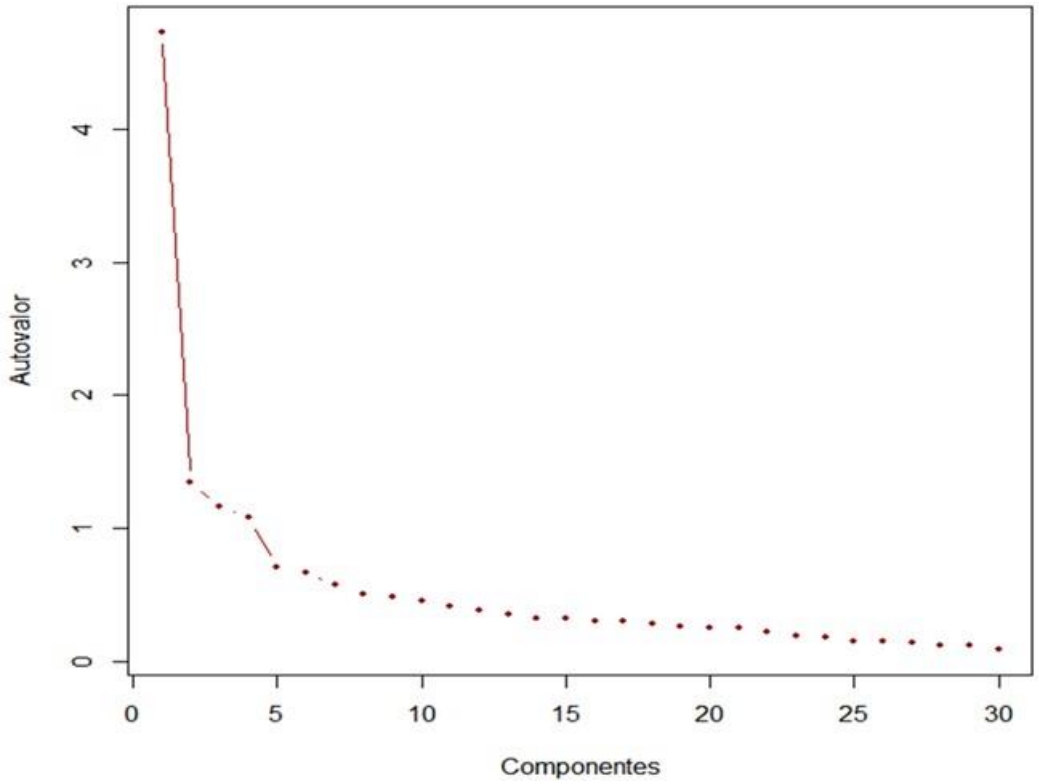

Figura 1. Gráfico de declive (*Scree plot*)

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 3. Percentual de variância explicada e especificidade

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
SS loadings	7,561	7,302	6,708	4,378
Proporção da variância	0,252	0,243	0,224	0,146
Variância cumulativa	0,252	0,495	0,719	0,865

Fonte: Resultados da pesquisa

O conjunto dos 4 fatores extraídos explica 86,5% da variância total dos dados. O primeiro fator rotacionado explica 25,2% da variância total, o segundo explica 24,3%, o terceiro responde por 22,4% da variância e o quarto por 14,6%. Lembrando que, ao partir de variáveis originais normalizadas (média 0 e variância 1), os scores fatoriais também possuem média 0. Logo, todos os municípios que apresentam scores positivos em algum dos 4 fatores estão "à frente" ou acima da média nacional nesse aspecto do processo de modernização agropecuária. A Tabela 4 ilustra as cargas fatoriais, as comunalidades, as especificidades e indica o fator ao qual cada variável está mais fortemente correlacionada.

Tabela 4. Comunalidades, especificidades e cargas fatoriais

Variável	Cargas Fatoriais				Comunalidade	Especificidade	Fator associado
	Fator 1	Fator 3	Fator 2	Fator 4			
X3	0,57	0,56	0,32	0,38	0,89	0,11	Fator 1
X4	0,57	0,26	0,50	0,43	0,83	0,17	Fator 1
X9	0,68	0,31	0,42	0,33	0,85	0,15	Fator 1
X15	0,74	0,21	0,22	0,03	0,64	0,36	Fator 1
X17	0,67	0,29	0,60	0,23	0,95	0,05	Fator 1
X18	0,73	0,28	0,37	0,33	0,86	0,14	Fator 1
X27	0,75	0,45	0,01	0,34	0,89	0,11	Fator 1
X30	0,66	0,58	0,35	0,31	0,98	0,02	Fator 1
X2	0,50	0,66	0,11	0,28	0,77	0,23	Fator 2
X8	0,45	0,63	0,43	0,35	0,90	0,10	Fator 2
X14	0,20	0,88	0,28	0,25	0,94	0,06	Fator 2
X21	0,21	0,71	0,56	0,18	0,90	0,10	Fator 2
X22	0,31	0,84	0,30	0,28	0,97	0,03	Fator 2
X23	0,61	0,61	0,36	0,29	0,96	0,04	Fator 2
X24	0,59	0,59	0,33	0,42	0,98	0,02	Fator 2
X26	0,59	0,65	0,34	0,30	0,97	0,03	Fator 2
X28	0,47	0,70	0,38	0,25	0,92	0,08	Fator 2
X29	0,50	0,54	0,51	0,27	0,87	0,13	Fator 2
X1	0,52	0,41	0,53	0,46	0,93	0,07	Fator 3
X7	0,35	0,41	0,73	0,28	0,90	0,10	Fator 3
X10	0,08	0,13	0,74	0,33	0,67	0,33	Fator 3
X11	0,28	0,22	0,75	0,21	0,73	0,27	Fator 3
X12	0,42	0,38	0,50	0,20	0,61	0,39	Fator 3
X19	0,27	0,43	0,74	0,18	0,83	0,17	Fator 3
X20	0,61	0,27	0,66	0,25	0,93	0,07	Fator 3
X25	0,52	0,38	0,53	0,46	0,91	0,09	Fator 3
X5	0,32	0,31	0,42	0,79	0,99	0,01	Fator 4
X6	0,28	0,34	0,59	0,62	0,93	0,07	Fator 4
X13	0,13	0,35	0,27	0,71	0,71	0,29	Fator 4
X16	0,44	0,23	0,26	0,63	0,71	0,29	Fator 4

Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis X3 – Área trabalhada/AA; X4 – Área com lavouras permanentes e temporárias/AA; X9 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio em nível/TE; X15 – PIB da agricultura/AA; X17 – Estabelecimentos que realizaram despesas com adubos/TE; X18 – Estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo/TE; X27 – Estabelecimentos muito especializados/TE; e X30 – Índice médio de integração ao mercado estão positiva e fortemente correlacionadas ao Fator 1. Como essas variáveis estão associadas

à lucratividade e ao uso intensivo do solo, sustentado pelo uso de adubos e corretivos, esse Fator foi denominado "**Lucratividade e tecnologia poupa-terra**".

As variáveis X2 – Área de pastagem plantada/AP; X8 – Estabelecimentos que realizaram despesas com combustíveis/TE; X14 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração para animais/TE; X21 – Estabelecimentos que realizaram despesas com compra de animais/TE; X22 – Estabelecimentos que realizaram despesas com medicamentos para animais/TE; X23 – Estabelecimentos que utilizam energia elétrica/TE; X24 – Índice médio de escolaridade da pessoa que dirige o estabelecimento; X26 – Índice médio do uso de suplementação animal; X28 – Estabelecimentos especializados/TE e X29 – Estabelecimentos associados à cooperativa ou entidades de classe/TE estão positiva e fortemente correlacionadas ao Fator 2. Como essas variáveis refletem características da criação animal tecnificada (bovinos, suínos, aves e outros animais) e de sua capitalização via compra de animais, esse fator foi denominado "**Capitalização e Tecnificação da criação animal**".

As variáveis X1 – Estabelecimentos que utilizam força de trabalho mecânica/TE; X7 – Estabelecimentos que tiveram financiamentos no ano de referência/TE; X10 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio direto na palha/TE X11 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de rotação de cultura/TE; X12 – Valor dos veículos, tratores, máquinas e implementos/AL; X19 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sementes e mudas/TE; X20 – Estabelecimentos que realizaram despesas com agrotóxicos/TE; e X25 - Índice médio do nível de orientação técnica recebida pela pessoa que dirige o estabelecimento estão positiva e fortemente correlacionadas ao Fator 3 e representam o nível de capital empregado e o conhecimento e adoção de técnicas produtivas adequadas na agricultura. Portanto, esse fator foi denominado "**Capitalização e Tecnificação agrícola**".

As variáveis X5 – Número de tratores/EHA; X6 – Número de máquinas e implementos agrícolas/EHA; X13 – Valor dos veículos, tratores, máquinas e implementos/EHA; e X16 – PIB da agricultura/EHA estão positiva e mais fortemente correlacionadas ao Fator 4. Por refletirem as relações entre o emprego de mão de obra e de capital na agropecuária, esse fator será denominado "**Relação capital-trabalho**".

Dada a heterogeneidade entre os municípios de uma mesma região, a análise dos scores médios regionais deve ser feita com cautela. Esse trabalho ilustra o score médio de cada região político-administrativa do Brasil, porém enfatiza o percentual de municípios que possui scores positivos (estão acima da média nacional) em cada região (Tabela 5).

Tabela 5. Percentual de municípios com score fatorial positivo e score médio por região

Score médio regional	N	NE	SE	S	CO
F_1 – Lucratividade e tecnologia poupa-terra	-0,09	-0,06	0,33	-0,22	-0,24
F_2 – Capitalização e Tecnificação da criação animal	0,48	-0,25	-0,10	-0,02	0,80
F_3 – Capitalização e Tecnificação agrícola	-0,53	-0,28	-0,18	0,86	-0,33
F_4 – Relação Capital-Trabalho	-0,20	-0,16	0,11	-0,15	0,74
Percentual de municípios com score positivo					
F_1 – Lucratividade e tecnologia poupa-terra	26%	23%	38%	22%	14%
F_2 – Capitalização e Tecnificação da criação animal	53%	14%	24%	32%	66%
F_3 – Capitalização e Tecnificação agrícola	1%	3%	16%	76%	9%
F_4 – Relação Capital-Trabalho	20%	3%	41%	30%	64%

Fonte: Resultados da pesquisa

Interessante notar que mesmo as regiões tradicionalmente apontadas como modernas na literatura (Sul, Sudeste e Centro-Oeste) apresentaram score médio negativo em alguns casos, ou mesmo inferiores aos de regiões como o Norte e Nordeste. Isso não implica, é claro, que a região como um todo seja "atrasada", mas sim que nela possivelmente coexistem produtores "modernos" e produtores "arcaicos", evidenciando a heterogeneidade intrarregional. A Figura 2 ilustra os mapas de polígonos e pontos com a divisão dos scores fatoriais em quintis e a classificação dos municípios com relação ao Fator 1 (Lucratividade e tecnologia poupa-terra).

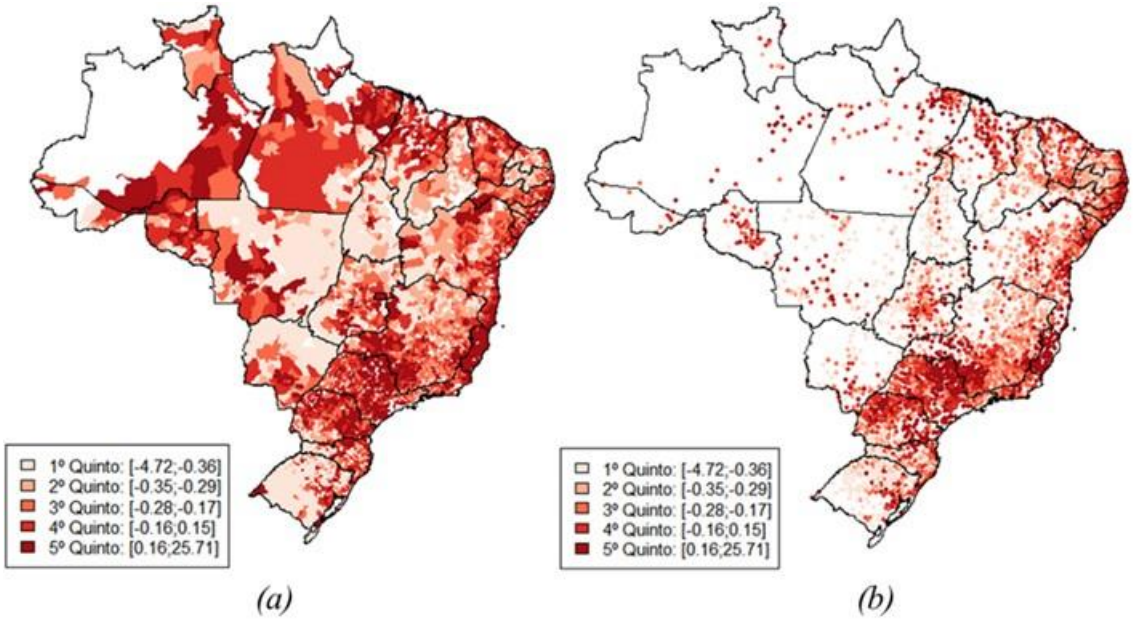

Figura 2. Classificação dos municípios "modernos" sob o aspecto "Lucratividade e tecnologia poupa-terra" em quintos – mapa de polígonos *(a)* e de pontos *(b)*

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao Fator 1 (Lucratividade e tecnologia poupa-terra), a região de maior destaque é o Sudeste, que possui um score médio de 0,33 e foi responsável por elevar a média nacional. Quase 40% dos municípios do Sudeste apresentaram scores fatoriais positivos neste fator, que caracteriza os estabelecimentos integrados aos mercados mais dinâmicos e que adotam tecnologias e técnicas poupadoras de terra, como adubos, corretivos do solo, sistemas de plantio em nível e maior aproveitamento das áreas agricultáveis, o que os permite atingir maiores níveis de lucratividade. Grande parte desses municípios está concentrada nos estados de São Paulo e Espírito Santo e na região sul de Minas Gerais.

Esse Fator se assemelha aos fatores denominados "Intensidade de exploração da terra" em Hoffmann e Kageyama (1985) e Hoffmann e Kassouf (1989a e 1989b). Nesses trabalhos os autores apontam que já nas décadas de 1970 e 1980 havia forte diferença em termos de modernização entre as regiões Centro-Sul e as demais. Os intervalos de cada quinto analisados na Figura 2 demonstram a forte concentração de municípios com scores fatoriais muito baixos e uma grande amplitude entre o mais e o menos moderno nesse aspecto.

As regiões Norte e Nordeste estão muito próximas à média nacional neste aspecto com scores médios de -0,09 e -0,06, respectivamente. Porém, possuem uma parcela pequena de municípios que apresentam scores positivos (26% e 23%, respectivamente), ilustrando maior concentração de estabelecimentos "atrasados" nesse aspecto. Os estabelecimentos mais lucrativos e integrados aos mercados mais dinâmicos da região Nordeste estão concentrados na faixa litorânea, englobando diversos estados na região da Zona da Mata. A região do agreste e do sertão nordestino é caracterizada por pouquíssimos municípios com score positivo nesse fator, sobretudo no estado do Piauí, conhecido pelo clima extremo e pela pobreza no campo. As adversidades climáticas da região e a falta de infraestrutura (como a irrigação) para superar tais problemas representam um grande entrave para o desenvolvimento da agropecuária. Ainda que haja terra disponível e aproveitável para as atividades agropecuárias, as condições estruturais e a falta de estratégias para superar as adversidades climáticas limitam o aproveitamento dos recursos naturais.

O Sul e o Centro-Oeste apresentaram scores médios de -0,22 e -0,24, respectivamente, e baixa concentração de municípios modernos sob este aspecto (22% e 14%, respectivamente). Essas regiões são frequentemente associadas à agricultura moderna na literatura relacionada, porém apresentaram um pequeno percentual de municípios com scores acima da média nacional nesse Fator. Grande parte deles está situada na região noroeste do estado do Paraná, na divisa litorânea do Paraná com Santa Catarina e nas mesorregiões Noroeste Riograndense e Metropolitana de Porto Alegre, regiões que possivelmente têm um consumo reduzido de adubos

e corretivos do solo devido a sua fertilidade natural. O mesmo ocorre na região Centro-Oeste, que possui alguns agrupamentos de municípios modernos sob esse aspecto em regiões específicas dos estados de Mato Grosso (meridional), Mato Grosso do Sul (mesorregião Sudoeste) e Goiás (mesorregião Centro de Goiás). Todavia, em outros aspectos da modernização discutidos adiante essas regiões se destacam positivamente.

A Figura 3 ilustra os mapas de polígonos e pontos com a classificação dos municípios com relação ao Fator 2 (Capitalização e tecnificação da criação animal).

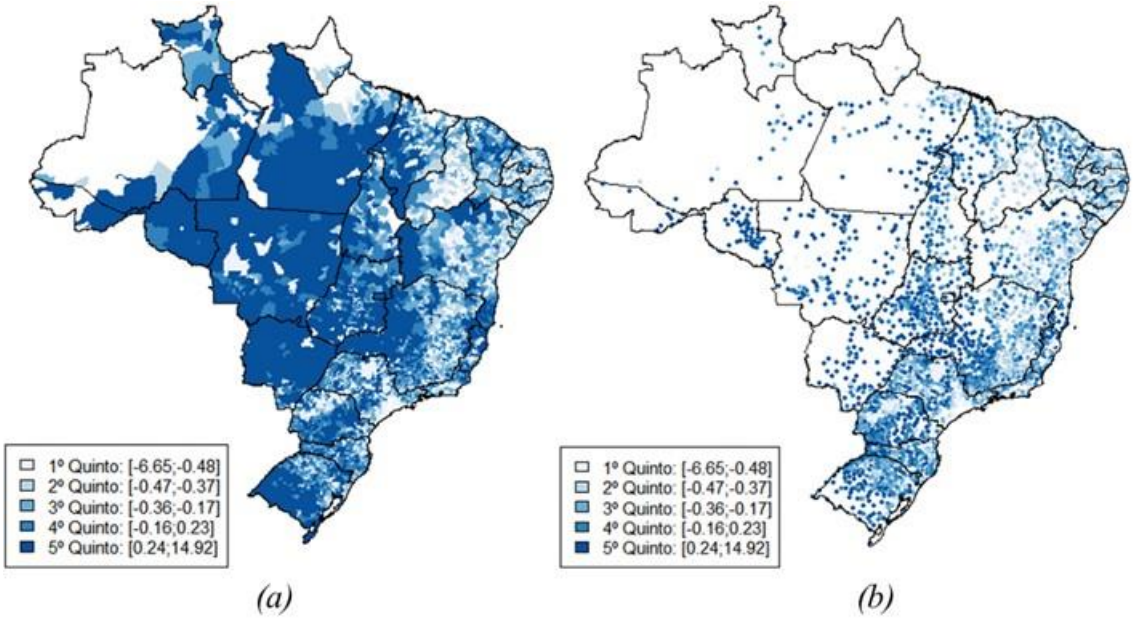

Figura 3. Classificação dos municípios "modernos" sob o aspecto "Capitalização e Tecnificação da criação animal" em quintos – mapa de polígonos *(a)* e de pontos *(b)*

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao Fator 2 (Capitalização e Tecnificação da criação animal), nota-se uma distribuição menos concentrada de municípios modernos. O Centro-Oeste e o Norte apresentaram os maiores scores médios (0,80 e 0,48, respectivamente), bem como as maiores parcelas de municípios acima da média nacional (66% e 53%, respectivamente). Além de serem responsáveis por grande parte do rebanho brasileiro de bovinos e bubalinos, estas regiões se caracterizam pela adoção de práticas adequadas e modernas em grande parte de seus municípios. A maior concentração se dá no estado de Goiás, mas são também bastante representativos os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Pará e Rondônia.

As regiões Sul e Sudeste, embora com scores médios negativos, se encontram próximas à média nacional e com percentual expressivo de municípios com scores positivos

(32% e 24%, respectivamente). Destacam-se as regiões Oeste paulista, o Sul de Minas Gerais e a faixa oeste que liga os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O Nordeste, por sua vez, apresentou score médio negativo (-0,25) e pequeno percentual de municípios modernos nesse aspecto, que se dispersam, principalmente, pelos estados do Maranhão, Ceará e Bahia, demonstrando o baixo grau de modernização da região também nesse aspecto. A Figura 4 ilustra os mapas de polígonos e pontos com a classificação dos municípios com relação ao Fator 3 (Capitalização e tecnificação agrícola).

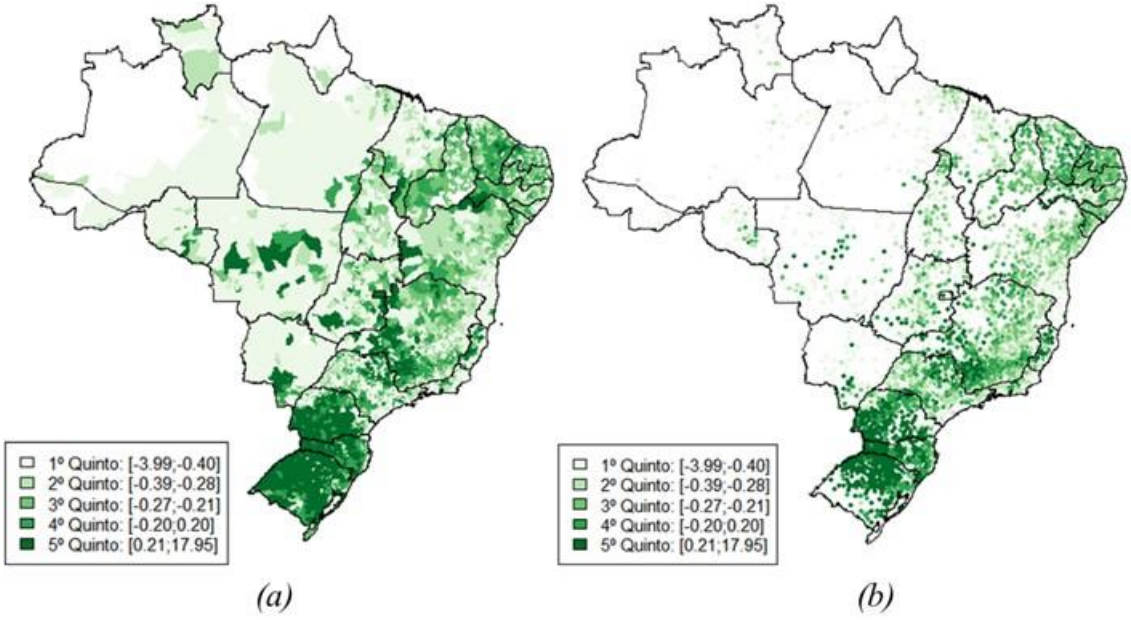

Figura 4. Classificação dos municípios "modernos" sob o aspecto "Capitalização e Tecnificação agrícola" em quintos – mapa de polígonos *(a)* e de pontos *(b)*

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao Fator 3 (Capitalização e Tecnificação agrícola), a região Sul se destaca com um score médio bastante superior (0,86) ao das demais regiões e com um grande percentual de municípios com scores positivos (76%), que se distribuem por praticamente todo o estado do Paraná e de Santa Catarina e pela parte setentrional do estado do Rio Grande do Sul, que tem como principais atividades agropecuárias a produção de soja, uva, o fumo e a horticultura (FEE, 2015). Esses municípios são caracterizados pela adoção de práticas agrícolas voltadas para a eficiência (como a compra de sementes e mudas selecionadas e uso de defensivos), elevado grau de mecanização, capitalização e acesso ao crédito, bem como elevado grau de orientação técnica externa a respeito das práticas agrícolas.

A região Sudeste apresentou score médio negativo (-0,18) nesse Fator, embora próximo à média nacional, e seus municípios modernos se concentram na região setentrional

do estado de São Paulo, no sul de Minas Gerais e no Espírito Santo. O Centro-Oeste, por sua vez, possui apenas 9% de seus municípios com scores positivos, o que, novamente destaca a heterogeneidade existente em uma região considerada símbolo da agricultura moderna. Norte e Nordeste apresentam os menores scores médios neste Fator (-0,53 e -0,28, respectivamente) e pouquíssimos municípios com scores positivos, concentrados, em grande medida, no estado do Ceará e na parcela da Bacia do Rio São Francisco que compõe as divisas dos estados da Bahia com Pernambuco e Sergipe com Alagoas.

O Fator 2 (Capitalização e tecnificação da criação animal) e o Fator 3 (Capitalização e tecnificação agrícola se assemelham aos fatores "Grau de mecanização", "Nível de financiamento e investimento na agricultura" e "Intensidade do uso de capital" encontrados em Hoffmann e Kageyama (1985), Souza e Lima (2003) e Corrêa e Figueiredo (2006), com a vantagem de diferenciar entre o grau de capitalização na agricultura e na criação animal. Foi possível demonstrar que, embora a modernização da criação animal esteja mais difundida entre os municípios, no caso da agricultura é regionalmente mais concentrada.

A Figura 5 ilustra os mapas de polígonos e pontos com a classificação dos municípios com relação ao Fator 4 (Relação Capital-Trabalho). Esse fator se assemelha muito ao fator "Relação capital-trabalho" estabelecido em Hoffmann e Kassouf (1989a).

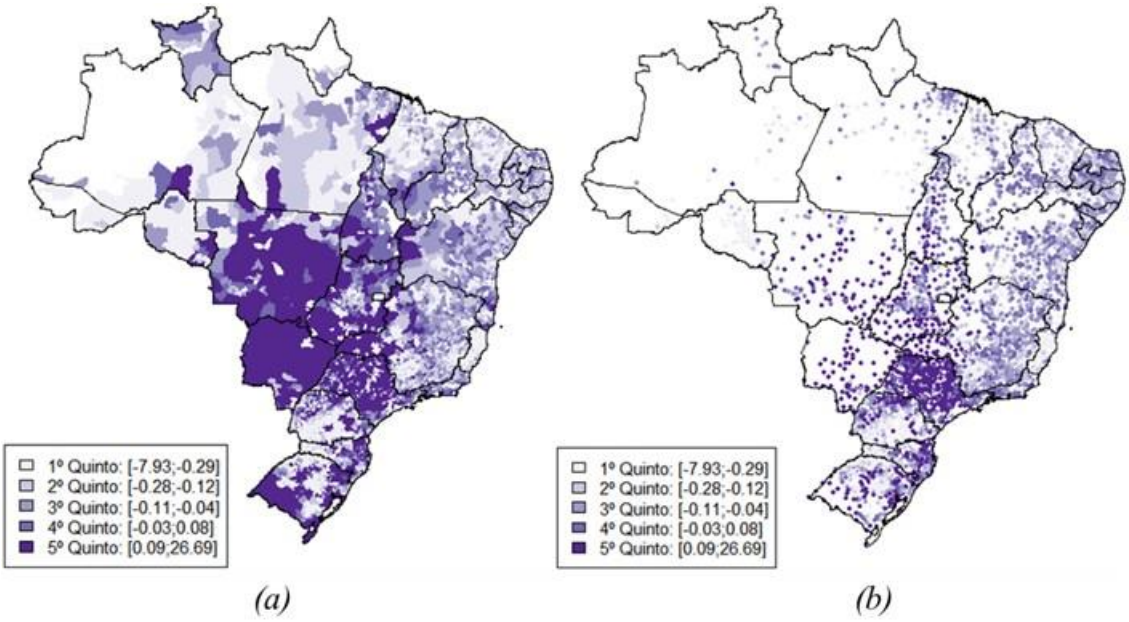

Figura 5. Classificação dos municípios "modernos" sob o aspecto "Relação Capital-Trabalho" em quintos – mapa de polígonos *(a)* e de pontos *(b)*

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, com relação ao Fator 4 (Relação Capital-Trabalho), nota-se que os maiores scores médios são apresentados pelas região Centro-Sul (CO, SE e S), bem como os maiores percentuais de municípios com scores acima da média nacional. Destaca-se a região Centro-Oeste, associada ao uso intensivo de maquinários de grande porte para a agricultura, como tratores e colheitadeiras e pelo nível relativamente baixo de mão-de-obra empregada. A região possui 64% de seus municípios com scores positivos e bem distribuídos entre Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Distrito Federal e um score médio de 0,74.

A região Sudeste possui 41% de municípios com scores positivos nesse Fator, concentrados fortemente no estado de São Paulo. Nos demais estados da região a frequência de municípios modernos é expressivamente menor. Destaca-se o Espírito Santo, que, embora tenha apresentado altos percentuais de municípios com scores positivos sob os outros Fatores, nesse caso apresentou o contrário, o que provavelmente se dá devido ao relevo montanhoso, que inviabiliza a mecanização e aumenta a quantidade de mão-de-obra empregada na lavoura.

Na região Sul, os municípios com score positivo para este Fator se concentram no Rio Grande do Sul, faixa leste de Santa Catarina e Noroeste do Paraná, na divisa com o estado de São Paulo. Norte e Nordeste apresentaram os menores scores médios para esse Fator (-0,20 e -0,16, respectivamente) e os menores percentuais de municípios com scores positivos (20% e 3%, nessa ordem), que estão bastante dispersos pelos estados dessas duas regiões.

A modernização da agropecuária é um fenômeno multifacetado e dinâmico, o que permite retratar a existência de municípios “modernos” sob um determinado aspecto e “arcaicos” sob outros. Porém, destaca-se a região Nordeste, que apresentou score médio negativo em todos os aspectos analisados, bem como os menores percentuais de municípios com scores positivos na maioria dos casos. Isso demonstra a precariedade estrutural, as adversidades edafoclimáticas enfrentadas e a vulnerabilidade produtiva no que diz respeito às condições de competição com as demais regiões produtoras e à integração ao mercado.

Esses pequenos percentuais de municípios modernos do Nordeste demonstram que, ainda que seja utópica a ideia de elevar ao mais alto nível as condições produtivas e o desempenho dessa região, é possível, ao menos, melhorá-los por meio da difusão das políticas de pesquisa e extensão rural, de capacitação/escolarização da mão de obra, da infraestrutura produtiva e logística e de propostas de minimização dos efeitos adversos do clima.

Chama a atenção o fato desse conjunto de políticas estar diretamente relacionado aos “serviços gerais para a agricultura”, que Tangermann (2005) demonstrou ser o aspecto que menos recebe recursos governamentais. É claro que as políticas de destinação de recursos ao produtor, como o crédito subsidiado, a garantia de preços mínimos e a distribuição de terras,

possuem papel relevante, mas têm seus efeitos parcial ou totalmente neutralizados quando inexistem condições estruturais adequadas para o bom uso desses recursos públicos.

2.4. Considerações finais

A evolução da agropecuária brasileira dos anos 1950 a meados dos anos 2000 é inegável, bem como a contribuição que processo de modernização teve para tal. Todavia, persiste ainda a heterogeneidade produtiva e econômica em nível regional, o que possibilita a coexistência de produtores modernos, intermediários e de milhares de agricultores que adotam técnicas "arcaicas" e são incapazes de seguir o modelo de produção atual. Parte deles acaba marginalizada, convertendo-se à produção para a subsistência ou migrando para as cidades em busca de melhores condições de vida, perpetuando o abismo existente entre o "arcaico" e o "moderno", ainda que as faixas intermediárias sejam representativas.

Foram identificados como aspectos da modernização agropecuária brasileira presentes no ano de 2006 a Lucratividade e tecnologia poupa-terra; a Capitalização e tecnificação na criação animal, a Capitalização e tecnificação agrícola e a Relação capital-trabalho, por meio dos quais constatou-se que as "boas práticas" da criação animal estão mais difundidas entre os municípios brasileiros quando comparadas com as "boas práticas" e o uso de insumos modernos na produção agrícola. Essa última possui um padrão de forte concentração de produtores "modernos" sob tais aspectos (Fatores 1, 3 e 4) na região Centro-Sul e com forte heterogeneidade intrarregional. Dessa forma, a região Centro-Sul não pode ser vista como uma região homogênea em termos de modernização em nenhum de seus aspectos.

A revisão de literatura fornece indícios de um processo de modernização caracterizado pelo aumento da heterogeneidade produtiva. Todavia, aponta também para uma mudança no rumo da política agrícola em de meados da década de 1990, com a intensificação da reforma agrária e a criação do Pronaf. Ainda assim, passados 10 anos permanece um cenário de heterogeneidade produtiva e econômica entre os produtores brasileiros, no qual um contingente expressivo de municípios/produtores permanece à margem da agropecuária moderna, indicando que o pacote de políticas adotadas foi, senão inadequado, ao menos, insuficiente para reduzir a heterogeneidade no meio rural brasileiro. O pacote formado pelo crédito subsidiado e a distribuição de terras deixou em segundo plano os serviços gerais à agropecuária, sobretudo no sentido de difundir a pesquisa e extensão e capacitar os produtores em situação mais vulnerável e gerar a infraestrutura necessária à produção.

REFERÊNCIAS

Almeida, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento rural sustentável. In: Almeida, J.; Navarro, Z. **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**, Porto Alegre: UFRGS, p. 33- 55 1997

Bacha, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Atlas 2004, 226 p.

Balsan, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006

Buainain, A. M. **Trajetória recente da política agrícola brasileira**. Campinas, p. 341, 1999. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/285712>. Acesso em 28 fev. 2017

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**, v. 18, n. 4, p. 717-739, 2014

Corrar, L. J.; Paulo, E.; Dias Filho, J. M. **Análise multivariada para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 541 p. p.

Corrêa, A.M. C. J.; Figueiredo, N. M. S. Modernização da agricultura brasileira no início dos anos 2000: uma aplicação de análise fatorial. **Revista GEPEC**, v. 10, n. 2, p. 82-99, jul./dez 2006

Cruz, F. O.; Ribeiro, C. G.; Lima, I. B. **A modernização agrícola nos municípios da mesorregião Campo das Vertentes: uma aplicação de métodos de análise multivariada**. XLIV Congresso da SOBER, Fortaleza, 23 a 27 de julho de 2006

Fajardo, S. Complexo agroindustrial, modernização da agricultura e participação das cooperativas agropecuárias no estado do Paraná. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 27, p. 31-44, set, 2008

Franco, J.; Pereira, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 187-210, maio/ago. 2008

Fundação de Economia e Estatística – FEE. **Características da agropecuária do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/sinteseilustrada/caracteristicas-da-agropecuaria-do-rs/>. Acesso em 02 de janeiro de 2019.

Hoffmann, R. **A dinâmica da modernização da agricultura e distribuição da renda em 157 microrregiões homogêneas do Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 87 p. 1992

_____. **Componentes principais e análise fatorial**. In: Série didática nº 90, 5ª ed. Piracicaba: ESALQ, 49 p. 2002

Hoffmann, R.; Kageyama, A. Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 15, n. 1, p. 171-208, abr. 1985

Hoffmann, R.; Kassouf, A. L. **Produção e modernização e agropecuária em 332 microrregiões homogêneas do Brasil** – 1980. Piracicaba: ESALQ, 154 p. 1989a

_____. Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v. 43 n. 2 p. 273-303, abr./jun. 1989b

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo Agropecuários 2006**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>, 2009, Acesso em: 10 jan. 2017

Josse, J.; Husson, F. Selecting the number of components in PCA using cross-validation approximations. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 56, n. 6, p. 1869-1879, 2012.

Kageyama, A. **Problemas metodológicos na mensuração do emprego agrícola**. Campinas, Instituto de Economia, UNICAMP, 1986.

Kageyama, A. (coord.). O Novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: Delgado, G. C.; Gasques, J. G.; Vila Verde, C. M. **Agricultura e Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 1990. cap.11, p. 113-223.

Kageyama, A.; Bergamasco, S. M. P. P.; Oliveira, J. A. **Uma classificação dos estabelecimentos agropecuários do Brasil a partir do Censo de 2006**. In: Aspectos multidimensionais da agricultura brasileira (org.: SCHNEIDER, S.; FERREIRA, B.; ALVES, F.), Brasília, IPEA, 387 p., 2014

Llanilo, R. F.; Del Grossi, M. E.; Santos, F. O.; Munhos, P. D.; Guimarães, M. F. Regionalização da agricultura do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 120-127, jan./fev. 2006

Paz, M. V.; Freitas, C. A.; Nicola, D. S. **Avaliando a intensidade da modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e cluster**. XLIV Congresso da SOBER, Fortaleza, 23 a 27 de julho de 2006

Silva, J. G. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Unicamp, 1996, 211 p.

Silva, G. B.; Botelho, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 362-387, abr. 2014

Silva, J. G.; Kageyama, A. Emprego e relações de trabalho na agricultura brasileira: uma análise dos dados censitários de 1960, 1970, e 1975. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 13, n. 1, p. 235-266, abr. 1983.

Silva, J. G.; Kageyama, A.; Romão, D. A.; Wagner Neto, J. A.; Pinto, L. C. G. Tecnologia e campesinato: o caso brasileiro. **Revista de Economia Política**, v. 3, n. 4, p. 21-56, out/dez 1983

Souza, P. M.; Lima, J. E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas Unidades da Federação. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 795-824, out/dez 2003

Souza, R. F.; Khan, A. S. A modernização da agricultura, classificação dos municípios e concentração da terra no estado do Maranhão. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. 1, p. 96-111, jan./mar 2001

Tangermann, S. Análise das políticas agrícolas do Brasil (Apresentação do estudo da OCDE). **Revista de Política Agrícola**, Edição Especial, p. 4-16, out 2005

3. NÍVEIS DE MODERNIZAÇÃO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA EM 2006

Resumo

O presente trabalho estabeleceu clusters homogêneos de municípios brasileiros com base em seus indicadores de modernização agrícola e identificou quais são os mais modernos e os mais vulneráveis em termos econômicos e produtivos. A análise de agrupamento foi realizada utilizando o método de agrupamentos *model-based-clusters*, considerando 30 indicadores de modernização agropecuária coletados no Censo Agropecuário de 2006. Foram identificados nove clusters que retratam as diferentes realidades econômico-produtivas do meio rural brasileiro. Mais da metade dos estabelecimentos agropecuários se enquadra nos três aglomerados mais vulneráveis, caracterizados por condições precárias de capacitação, capitalização, mecanização, adoção de práticas e uso de insumos modernos. Eles estão localizados principalmente nas regiões Norte e Nordeste e representam apenas 25% do PIB agropecuário. Por outro lado, os três clusters mais modernos representam apenas 19% dos estabelecimentos agropecuários, 12% da área utilizável e 22% do emprego rural, mas representam 32% do PIB agropecuário. Por fim, destacou-se a presença de considerável heterogeneidade intrarregional, dada a coexistência de municípios "modernos", "intermediários" e "arcaicos" dentro de uma mesma região.

Palavras-chave: Modernização; Heterogeneidade; Agropecuária

Abstract

This work established homogeneous clusters of Brazilian municipalities based on their indicators of agricultural modernization and identified which are the most modern and most vulnerable in economic and productive terms. Cluster analysis was done using the model-based-clusters method, considering 30 indicators of agricultural modernization collected in the 2006 Census of Agriculture. Nine clusters were identified that portray the different economic-productive realities of the Brazilian rural environment. More than half of the agricultural establishments fall into the three most vulnerable clusters, characterized by precarious conditions of capacity building, capitalization, mechanization, adoption of practices and use of modern inputs. They are mainly located in the North and Northeast regions and account for only 25% of agricultural GDP. On the other hand, the three most modern clusters represent only 19% of agricultural establishments, 12% of the utilizable area and 22% of rural employment but represent 32% of agricultural GDP. Finally, the presence of considerable intraregional heterogeneity was highlighted, given the coexistence of "modern", "intermediate" and "archaic" municipalities within the same region.

Keywords: Modernization; Heterogeneity; Agriculture

3.1. Introdução

A temática da modernização agropecuária brasileira foi bastante discutida pela literatura econômica na década de 1980, período imediatamente posterior ao ápice do uso de instrumentos de política agrícola, como o crédito rural subsidiado, as aquisições e controle de estoques de gêneros agropecuários por parte do governo federal e a criação de agências e assistência técnica e extensão rural como a Embrapa (Bacha, 2004; Kageyama et al., 1990). O auge desse processo de modernização se deu entre entre as décadas de 1960 e 1970 e gerou uma nova dinâmica econômica e produtiva, estabelecendo um perfil a ser alcançado pelos produtores rurais (Almeida, 1997; Bacha, 2004; Balsan, 2006).

Todavia, o pacote de políticas de modernização não se adequava às especificidades de grande parte dos produtores e todo esse esforço governamental teve como resultantes, por um lado, o aumento da produtividade e a maior inserção internacional do agronegócio brasileiro e, por outro, a marginalização de produtores que, por quaisquer que tenham sido os motivos (regionais/climáticos, econômicos, sociais, culturais, financeiros etc.), não conseguiram se adequar ao perfil idealizado de produtor rural.

Balsan (2006) destaca, dentre as diversas denominações dadas a essa fase do processo de modernização[8] (1960-70) a de "modernização conservadora" e "modernização excludente", uma vez que as políticas adotadas privilegiaram grupos de interesse que se adequavam ao perfil desejado e excluíam uma grande quantidade de produtores rurais, ampliando as disparidades econômicas e produtivas no meio rural brasileiro.

Além disso, as disparidades presentes no campo antes mesmo da década de 1950, oriundas do protagonismo do café e, consequentemente do estado de São Paulo como centro dinâmico da economia brasileira, estabeleceram as condições suficientes para que efeitos de ressonância desse dinamismo implantado pelo Estado ampliassem o abismo entre a parcela mais moderna da agricultura e o restante dos produtores rurais (Silva, 1996).

Passada a fase áurea de política agrícola orientada pelo crédito farto, garantia de preços mínimos e fortes estímulos à adoção de práticas e insumos modernos no meio rural, a década de 1980 foi marcada pela crise do endividamento estatal e crise inflacionária. A década de 1990, por sua vez, foi caracterizada pela abertura econômica, estabilização macroeconômica e mudança no modelo de incentivos (Helfand e Rezende, 2001). Após a abertura econômica, a classe de produtores modernos, que teve as condições e realizou as ações necessárias para se

8 Kageyama et al. (1990) denomina como a "industrialização da agricultura".

tornar competitiva em uma economia aberta, consolidou-se na agricultura brasileira. Os demais produtores, que não se adequaram ao modelo, foram assolados pela competição interna e externa e pelo fim de várias políticas de incentivos à produção (Helfand e Rezende, 2001).

Com o objetivo de identificar e quantificar as consequências do processo de modernização sobre a classe de produtores rurais brasileiros, trabalhos como os de Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b), Hoffmann e Kageyama (1985), Hoffmann (1992), Souza e Lima (2003), analisaram diversas variáveis que representavam os drivers da modernização agropecuária à época, sistematizando esse processo, definindo quais eram os aspectos mais relevantes da modernização e classificando as unidades da federação e/ou microrregiões em cada um dos aspectos estabelecidos.

A comparação regional realizada por esses trabalhos aponta para a região Centro-Sul como a principal beneficiária das políticas de modernização adotadas pelo governo brasileiro e, como consequência, região mais produtiva da agropecuária no Brasil. Nas regiões onde a modernização se intensificou houve redução de pobreza, embora o próprio processo de modernização esteja relacionado positivamente com a desigualdade de renda no meio rural (Hoffmann e Kageyama, 1985). Esses trabalhos, no entanto, não permitem a análise das características e disparidades intrarregionais devido à desagregação de dados utilizada.

Posteriormente, vários trabalhos realizaram análises semelhantes sob um recorte regional mais restrito, porém com uma desagregação de dados ao nível de municípios. Essas análises, embora não realizem a comparação entre as unidades da federação ou regiões administrativas brasileiras, apontam para a existência de heterogeneidade intrarregional em cada recorte espacial analisado e para as adversidades enfrentadas por grande parte os produtores, mesmo em regiões consideradas modernas.

Souza e Khan (2001) corroboram essa argumentação para o estado do Maranhão, enquanto Llanilo et al (2006) apontam que, mesmo no caso do Paraná, apontado como beneficiário das políticas de modernização, a heterogeneidade produtiva é ainda expressiva. Júnior, Baptista e Lima (2004) estabeleceram 10 clusters de microrregiões distintas em termos de modernização no estado de Minas Gerais, demonstrando a ampla heterogeneidade existente dentro do estado, o que é corroborado por Cruz, Ribeiro e Lima (2006). Destacam essa heterogeneidade também Paz, Freitas e Nicola (2006) para o estado do Rio Grande do Sul.

Se por um lado a análise dos efeitos do processo de modernização da agropecuária brasileira sobre as regiões administrativas ou unidades da federação e microrregiões oculte uma parcela de seus efeitos (positivos e negativos) entre essas unidades regionais, por outro, a

escolha de um recorte regional mais restrito dificulta a comparação com o restante do território brasileiro.

Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de identificar grupos homogêneos de municípios através de uma análise de clusters, considerando um conjunto de 30 variáveis assumidas como aspectos relevantes da modernização agropecuária brasileira presentes em 2006 (ano do último Censo Agropecuário consolidado) e referentes a 4.535 municípios (81% do total brasileiro), fornecendo um mapeamento dos grupos modernos e daqueles mais vulneráveis na agropecuária. Dessa forma, o trabalho serve de suporte/diagnóstico para o entendimento das características regionais da agropecuária brasileira e para a formulação de políticas que visem o desenvolvimento socioeconômico dos produtores mais vulneráveis e a redução da heterogeneidade produtiva e econômica.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Análise de clusters

A Análise de clusters trata-se de um dos principais métodos de identificação de padrões entre indivíduos existentes em bases de dados multidimensionais. É classificada como uma metodologia do tipo "*unsupervised machine learning*". O termo "*Unsupervised*" se refere à ausência de influência direta do pesquisador ou de suposições *a priori* sobre quais e quantos indivíduos deverão pertencer a cada cluster. O termo "*Learning*", por sua vez, significa que o algoritmo "aprende" como agrupar os indivíduos por meio de processos iterativos em diversos passos, melhorando as estimativas (Kassambara, 2017; Kaufman e Rousseeuw, 1990).

Ao contrário de métodos de classificação, como a análise discriminante, que partem de grupos e características conhecidos *a priori* para classificar os indivíduos de uma amostra, na análise de clusters nenhuma premissa é assumida com relação ao número ou características dos grupos. Seu objetivo é agrupar os dados/indivíduos com base em suas dissimilaridades (distâncias), requerendo, para tal, medidas de distância que possam ser computadas.

Os clusters são construídos de forma que cada indivíduo pertença a um e somente um subconjunto (ou assuma maior probabilidade de pertencer a um dos grupos). Os indivíduos de um mesmo subconjunto devem ser semelhantes entre si e diferentes dos indivíduos dos demais subconjuntos (Duran e Odell, 1974). Esse tipo de análise é utilizado em diversos campos, dentre eles a psicometria, economia, marketing, ciências sociais, genética e medicina (Kaufman e Rousseeuw, 1990; Kassambara, 2017).

A construção de clusters requer, normalmente, algoritmos de agrupamento, métodos de ligação (*linkage*) e métricas de dissimilaridade (distância). Entre os métodos de agrupamento, destacam-se os hierárquicos (aglomerativos e divisivos), os métodos de partição (*k-means* e *k-medoids*), os *based-model-clustering* e os *density-based-clustering* (clusters construídos definindo-se uma vizinhança e um número mínimo de pontos/vizinhos) (Kaufman e Rousseeuw, 1990; Kassambara, 2017). Com relação aos métodos de ligação, destacam-se a ligação simples (vizinho mais próximo), ligação completa (vizinho mais distante), ligação média, centroide e o método de Ward (Johnson & Wichern, 2007; Hair Jr. et al, 2009). Já as métricas de distância/dissimilaridade usuais são a distância euclidiana, o Método Manhattan e a distância de Minkowski (Johnson & Wichern, 2007).

Os principais algoritmos de partição são: ***K-means*** – aloca indivíduos em um número predefinido *k* de clusters, de forma a minimizar a distância (dissimilaridade) interna entre os indivíduos de um mesmo cluster. Tem como desvantagem a necessidade de predeterminação do número *k*. Além disso, como a etapa inicial de otimização considera *k* pontos aleatórios no espaço multidimensional como os centros dos clusters, os resultados podem divergir cada vez que a análise é realizada (Kaufman e Rousseeuw, 1990); ***Partishioning Around Medoids*** (PAM) – ao invés de partir de *k* pontos aleatórios, o algoritmo avalia todos os indivíduos da amostra como possíveis centros de clusters (*medoids* – indivíduos representativos) e escolhe aqueles que minimizem a variância dentro dos clusters. É um método mais robusto e sofisticado, porém possui elevados requisitos computacionais quando aplicado a grandes amostras, tendo como alternativa o método CLARA (***Clustering for Large Applications***) nesses casos, que possui as mesmas etapas do PAM, porém parte de sub-amostras de indivíduos como possíveis centros ao invés de considerar todos os indivíduos como candidatos a *medoids* (Kaufman e Rousseeuw, 1990);

Já dentre os algoritmos hierárquicos, destacam-se: **Aglomerativos** – realizam as seguintes etapas: 1) consideram, inicialmente, que cada um dos *n* indivíduos pertença a um cluster diferente; 2) é realizado o primeiro agrupamento entre os dois indivíduos mais próximos, chegando a *n-1* clusters. 3) a matriz de dissimilaridade é recalculada e o processo se repete até que se tenha apenas 1 cluster que englobe todos os indivíduos. Finalmente, define-se qual o número de clusters a ser analisado. Como exemplo dessa classe de algoritmos destaca-se o método AGNES (*Agglomerative Nesting*) (Kaufman e Rousseeuw, 1990); **Divisivos** – realizam as mesmas etapas, porém em ordem inversa, partindo de um primeiro e único cluster que engloba todos os indivíduos e dividindo-o em várias etapas até que se chegue a *n* clusters, um

para cada indivíduo. Dentre os algoritmos, destaca-se o DIANA (*Divisive Analysis*) (Kaufman e Rousseeuw, 1990);

Os algoritmos de partição e hierárquicos são totalmente heurísticos, embora baseados em procedimentos intuitivamente razoáveis (Fraley & Raftery, 2002), isto é, realizam o processo de identificação de padrões por meio de três etapas: 1) Busca – as decisões são tomadas para atender a um determinado critério entre as diversas alternativas possíveis na base de dados; 2) Critério de parada – restrição que cessa a busca e está baseada no atendimento de determinado critério ou na limitação da capacidade de processamento; 3) Decisão – realizada a busca e atendido o critério de parada, um conjunto de alternativas/soluções é estabelecido para que seja tomada a decisão.

Embora as pesquisas nesse sentido tenham se desenvolvido, existem poucos guias sistemáticos de resolução de problemas básicos como a definição do número adequado de clusters, escolha do método de clustering e o tratamento dos outliers (Fraley & Raftery, 2002). Além disso, as propriedades estatísticas desses métodos são, geralmente, desconhecidas, impedindo a realização de inferências formais.

3.2.2. Model-based Clusters

Os *Model-Based-Clusters* representam uma abordagem mais flexível, que considera a construção dos clusters com base em modelos probabilísticos formais (Bock, 1996). Diferentemente dos métodos heurísticos citados, os *model-based-clusters* assumem que os dados são oriundos de uma distribuição mista de probabilidades, composta de um número finito de clusters, cada qual com suas respectivas características, como formatos, volumes e orientações diferentes com relação às dimensões analisadas. Muitos modelos heurísticos, como o *k-means*, são aproximações de casos particulares desse tipo de modelagem.

O problema de definição do número adequado de clusters e do método apropriado de clustering pode ser reformulado como um problema de escolha do modelo estatístico. Além disso, distintos modelos em termos de número de componentes da distribuição de probabilidade podem ser comparados (Fraley & Raftery, 2002).

De acordo com Fraley & Raftery, essa estratégia é construída pela aplicação de dois métodos complementares baseados em modelos Normais multivariados mistos com parametrização da matriz de covariância pela decomposição dos autovalores. Esses métodos são a aglomeração hierárquica baseada na classificação de probabilidade (Murtagh & Raftery, 1984; Banfield & Raftery, 1993) e o algoritmo "*Expectation Maximization*" (*EM*) (McLachlan & Basford, 1988; Celeux & Govaert, 1995).

As características geométricas (volume, formato e orientação) de cada cluster são definidas pela matriz de covariâncias dos dados, que é parametrizada de diversas formas para avaliar qual dos modelos de cluster apresenta o melhor ajuste (Fraley & Raftery, 2002).

O algoritmo *EM* trata-se de uma abordagem generalizada para a estimação por máxima verossimilhança considerando a existência de dados/informações não observáveis (Do & Serafim, 2008). No caso da análise de clusters, tem-se as informações sobre as características dos indivíduos, determinadas por *p* variáveis observáveis, porém, os dados/informações faltantes se referem à qual cluster cada indivíduo assume maior probabilidade de pertencimento e o número ótimo de clusters.

O algoritmo *EM* consiste, resumidamente, em computar as respectivas distribuições de probabilidade ("*E-step*") a partir de parâmetros prévios a respeito de cada cluster e, então, reestimar os parâmetros por métodos de otimização com base nos parâmetros correntes ("*M-step*"). O processo se repete inúmeras vezes até se obter a convergência dos parâmetros. De acordo com Do & Serafim (2008), o algoritmo *EM* tem a mesma função de algoritmos de otimização como o Método do Gradiente Reduzido ou o método de Newton-Raphson, com a vantagem de ser robusto e de fácil implementação.

De acordo com Melnykov e Maitra (2010), considerando o *E-step* na iteração *s*, a probabilidade de um indivíduo *i* ser um elemento do cluster *k* é dada pela equação (14):

$$\pi_{ik}^{s} = Prob\{\boldsymbol{X_i} \in k - th\ Cluster | \boldsymbol{X_i}, \boldsymbol{\vartheta}^{(s-1)}\} = \frac{\pi_k^{(s-1)} f_k(\boldsymbol{x_i}, \boldsymbol{\vartheta_k}^{(s-1)})}{\sum_{k\prime=1}^{K} \pi_{k\prime}^{(s-1)} f_k(\boldsymbol{x_i}, \boldsymbol{\vartheta_{k\prime}}^{(s-1)})} \qquad (14)$$

Onde π_{ik}^{s} é a probabilidade de o indivíduo *i* ser um elemento do cluster *k*, $\boldsymbol{X_i}$ é o vetor de características do indivíduo *i* e $\boldsymbol{\vartheta}^{(s-1)}$é o vetor de parâmetros estimados na iteração anterior *(s-1)*. Por sua vez, o *M-step* maximiza a probabilidade condicional esperada, denotada como Função-Q, com respeito ao vetor de parâmetros $\boldsymbol{\vartheta}$. Quando da convergência dos passos *E M*, obtém-se o vetor estimado de parâmetros para os dados originais observados. No caso da distribuição Gaussiana multivariada mista, a função densidade de probabilidade correspondente é dada pela equação (15):

$$\begin{aligned} f(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{\vartheta}) &= \sum_{k}^{K} \pi_k \emptyset\,(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{\mu_k}, \boldsymbol{\Sigma_k}) \\ &= \sum_{k}^{K} \pi_k \,\{(2\pi)^{-\frac{p}{2}} |\boldsymbol{\Sigma_k}|^{-\frac{1}{2}} \exp[-\frac{1}{2}(\boldsymbol{x} - \boldsymbol{\mu_k})' \boldsymbol{\Sigma_k}^{-1} (\boldsymbol{x} - \boldsymbol{\mu_k})]\} \end{aligned} \qquad (15)$$

E a Função-Q correspondente é dada pela equação (16):

$$Q(\boldsymbol{\vartheta}, \boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{x_2}, \dots, \boldsymbol{x_n}) = -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{K}\pi_{ik}\{\log|\Sigma_k| + (\boldsymbol{x}-\boldsymbol{\mu_k})'\boldsymbol{\Sigma_k}^{-1}(\boldsymbol{x}-\boldsymbol{\mu_k})\} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{K}\pi_{ik}\log\pi_k - \frac{pn}{2}\log 2\pi \quad (16)$$

O modelo de cluster hierárquico inicial fornece os parâmetros iniciais (centros e covariâncias dos clusters) a partir dos quais o algoritmo *EM* irá realizar as iterações e obter as estimativas finais do vetor de parâmetros. Como resultado, a cada indivíduo será associada uma probabilidade de pertencer a cada um dos clusters. Os clusters são modelados com base em uma distribuição Normal multivariada mista, onde cada módulo/componente da distribuição representa o centro de um cluster e a matriz de covariância desse módulo definirá o formato, volume e orientação do cluster. Embora o método seja comumente aplicado considerando-se a distribuição Normal, também é aplicável a outras distribuições (Fraley & Raftery, 2002).

De acordo com Fraley & Raftery (2002), as matrizes de covariância $\boldsymbol{\Sigma_k}$ são decompostas conforme a equação (17):

$$\boldsymbol{\Sigma_k} = \lambda_k \boldsymbol{D}_k \boldsymbol{A}_k \boldsymbol{D}_k^T \quad (17)$$

Onde $\boldsymbol{D}_k$ é uma matriz ortogonal de autovetores e determina a orientação do *k*-ésimo cluster, $\boldsymbol{A}_k$ é uma matriz diagonal de elementos proporcionais aos autovalores que determina o formato do *k*-ésimo cluster e λ_k é uma constante de proporcionalidade que determina o volume do *k*-ésimo cluster.

São considerados e comparados 14 modelos distintos identificados por três letras, em uma amplitude predefinida e finita de número de clusters (de 1 a 100 neste trabalho), conforme segue: *EII; VII; EEI; VEI; EVI; VVI; EEE; EVE; VEE; VVE; EEV; VEV; EVV; e VVV*. O primeiro identificador se refere ao volume; o segundo ao formato; e o terceiro à orientação do cluster. A letra *E* representa igualdade "*Equals*" no respectivo atributo do cluster; a letra *V* representa que o respectivo atributo varia entre os clusters "*Variable*"; e a letra *I* representa que os clusters possuem uma orientação coordenada aos eixos "*coordinate axes*". Por exemplo, em um modelo EVI os clusters possuem volume similar (*E* – "*equals*"), formato variável (*V* – "*Variable*") e orientação coordenada aos eixos (*I* – "*coordinate axis*").

A escolha do número ótimo de clusters tem como base o fator de Bayes (Fraley & Raftery, 2002; Kassambara, 2017). A ideia básica é que, se vários modelos, $M_1, M_2, \dots, M_k$ são considerados, com probabilidades a priori $p(M_k)$, $k = 1, 2, \dots, K$, então, pelo teorema de Bayes,

a probabilidade a posteriori do modelo M_k dado o conjunto de dados $\boldsymbol{D}$ é proporcional à probabilidade do conjunto de dados $\boldsymbol{D}$, dado o modelo M_k, multiplicada pela probabilidade a priori do modelo M_k, conforme a equação (18):

$$p(M_k|\boldsymbol{D}) \propto p(\boldsymbol{D}|M_k)p(M_k) \tag{18}$$

Quando existem parâmetros desconhecidos, pela Lei da Probabilidade Total, $p(\boldsymbol{D}|M_k)$ é obtida integrando os parâmetros, conforme a equação (19):

$$p(\boldsymbol{D}|M_k) = \int p(\boldsymbol{D}|\boldsymbol{\vartheta}_k, M_k)p(\boldsymbol{\vartheta}_k|M_k)d\,\boldsymbol{\vartheta}_k \tag{19}$$

Onde $p(\boldsymbol{\vartheta}_k|M_k)$ é a distribuição a priori de $\boldsymbol{\vartheta}_k$, o vetor de parâmetros do modelo M_k. A abordagem Bayesiana consiste, então, em escolher o modelo com maior probabilidade a posteriori (dado o conjunto de dados, escolher o modelo mais provável). O Fator de Bayes comparando dois modelos, M_1 e M_2, é definido como a razão expressa na equação (20):

$$B_{12} = \frac{p(\boldsymbol{D}|M_1)}{p(\boldsymbol{D}|M_2)} \tag{20}$$

O modelo M_1 será escolhido se $B_{12}>1$ e quanto maior for o fator B_{12}, maiores as evidências em favor do modelo M_1. A verossimilhança integrada "integrated likelihood" pode ser aproximada, conforme Fraley & Raftery (2002), pelo Critério Bayesiano de Informação (BIC), conforme a equação (21):

$$2\log p(\boldsymbol{D}|M_k) \approx 2\log p\left(\boldsymbol{D}\middle|\widehat{\boldsymbol{\vartheta}}, M_k\right) - v_k \log n = BIC_k \tag{21}$$

Onde v_k é o número de parâmetros independentes a serem estimados no modelo M_k. Assim, é escolhido o modelo que apresente o maior valor do Critério de Informação Bayesiano, ao contrário da interpretação comumente realizada em análises de regressão.

Esse método permite que cada cluster assuma geometrias distintas (volume, forma e orientação), o que não ocorre, por exemplo, com os clusters construídos com base em outros métodos de ligação. A título de ilustração, o método da ligação completa e da ligação média tendem a formar clusters esféricos e de pequeno volume, enquanto o método da ligação simples tende a formar clusters achatados (elípticos). Justamente pela flexibilidade dessa abordagem e

pela conhecida heterogeneidade presente na agropecuária brasileira, este trabalho adotou como método os *Model-Based-Clustering*.

3.2.3. Procedimentos adotados

Todos os procedimentos foram realizados com auxílio do software R (versão 3.4.3) e os principais pacotes utilizados foram: "*clustertend*" – avalia a adequação da base de dados à análise de clusters por meio da estatística de Hopkins (quanto mais próxima de zero, melhor a adequação dos dados à análise de cluster) (Lawson e Jurs, 1990); "*mclust*" – determina dentre os 14 tipos de reparametrização da matriz de covariâncias, o melhor modelo e número ótimo de clusters de acordo com o BIC e utilizando-se do algoritmo *EM* (*Expectation-Maximization*) (Scrucca et al, 2016; Fraley e Raftery, 2002).

3.2.4. Variáveis utilizadas

As variáveis elencam os chamados "insumos modernos" utilizados na agropecuária e estão, em grande medida, baseadas nos trabalhos de Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b), Souza e Lima (2003) e Campos, Pereira e Teixeira (2014). Algumas variáveis desses quatro trabalhos foram descartadas por não representarem mais aquilo que se considera um insumo moderno, como o caso do número de arados de tração animal por equivalente-homem ou por fugirem ao escopo do trabalho, como a proporção dos estabelecimentos que utilizaram terraços. Outras foram incrementadas e/ou modificadas visando maior aproximação com a realidade, uma vez que os dados do Censo Agropecuário de 2006 permitem tal exploração.

Diversas das variáveis utilizadas são compostas por razões, nas quais os denominadores são: o total de estabelecimentos agropecuários do município (TE); a área total de pastagem (AP); a área aproveitável para práticas agropecuárias (AA); área de lavoura permanente e temporária (AL) e o pessoal ocupado nos estabelecimentos expresso em Equivalente-Homem-Ano (EHA).

Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b) utilizam-se do conceito de equivalente-homem para equalizar a força de trabalho exercida por mulheres não-assalariadas e crianças na agricultura, com base em metodologia proposta por Silva e Kageyama (1983). Kageyama, Bergamasco e Oliveira (2014), por outro lado, realizaram uma outra ponderação que busca mensurar a força de trabalho ao longo de todo o ano nos estabelecimentos, uma vez que a informação contida no Censo Agropecuário se refere ao número de pessoas ocupadas no dia 31 de dezembro de 2006. Para isso, as autoras levam em consideração a quantidade média de dias

trabalhados ao longo do ano, chegando ao conceito de equivalente-ano. Este trabalho tentou unir as duas ponderações, visando uma medida mais acurada da força de trabalho com o conceito de equivalente-homem-ano[9], descrito pela equação (22):

$$EHA_i = \sum_{i=1}^{n} (H_i + 0{,}8.M_i + 0{,}6.C_i)(0{,}08.T_{(0-60)i} + 0{,}33.T_{(61-180)i} + 0{,}75.T_{(181-360)i}) \quad (22)$$

Onde: H_i, M_i e C_i são as porcentagens de homens, mulheres e crianças, respectivamente, que compõem pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários do município *i*; $T_{(0-60)i}$, $T_{(61-180)i}$ e $T_{(181-360)i}$ são as quantidades de pessoas que trabalharam de 0 a 60 dias, de 61 a 180 dias e de 181 a 360 dias, respectivamente, ao longo do ano.

O nível de escolaridade médio das pessoas que dirigem os estabelecimentos em um determinado município *i* foi definido como a soma das porcentagens de dirigentes em cada grau de formação/escolaridade, ponderada por uma escala discreta de 0 a 5, na qual 0 significa o menor nível de escolaridade e 5 o maior, e dividida pelo maior valor de ponderação, conforme equação (23):

$$NE_i = \frac{0.A_i + 1.B_i + 2.C_i + 3.D_i + 4.E_i + 5.F_i}{5} \quad (23)$$

Onde: A_i é a porcentagem de dirigentes que não sabe ler e escrever em um município *i* qualquer; B_i a porcentagem de dirigentes que não possuem formação, mas sabe ler e escrever; C_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino fundamental incompleto ou participou de algum programa para alfabetização de adultos; D_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino fundamental completo; E_i a porcentagem de dirigentes que possui ensino médio completo (técnico ou não); e F_i a porcentagem de dirigentes que possui formação superior. Esse índice possui o intervalo [0;1]; o limite inferior é obtido quando a totalidade dos dirigentes de um município não sabe ler e escrever e o limite superior é obtido quando a totalidade desses dirigentes possui formação superior.

O nível de orientação técnica recebida pelas pessoas que dirigem os estabelecimentos foi definido como a soma das porcentagens de dirigentes em cada classe de orientação, ponderada por uma escala discreta de 0 a 2, na qual 0 representa o caso em não há orientação

9 O procedimento consiste em realizar a ponderação de Silva e Kageyama (1983) e, então, ponderar essa nova variável pela fração de ano trabalhada, conforme Kageyama, Bergamasco e Oliveira (2014).

técnica e 2 representa o caso em que há orientação técnica regularmente, dividida pelo maior fator de ponderação conforme equação (24):

$$OT_i = \frac{0.NR_i + 1.RO_i + 2.RR_i}{2} \quad (24)$$

Onde: NR_i é a porcentagem de dirigentes que não recebeu orientação técnica; RO_i é a porcentagem de dirigentes que recebeu orientação técnica ocasionalmente; e RR_i é a porcentagem de dirigentes que recebeu orientação técnica regularmente. Novamente, o intervalo desse índice é [0;1], no qual o valor 0 é obtido quando a totalidade dos dirigentes dos estabelecimentos de um município não recebe qualquer orientação técnica e o valor 1 é obtido quando essa totalidade recebe orientação técnica regularmente.

O nível de adoção de suplementação animal foi definido conforme a equação (25):

$$S_i = \frac{0.NU_i + 1.US_i + 2.UR_i}{2} \quad (25)$$

Onde NU_i é a porcentagem de estabelecimentos que não utiliza suplementação animal no município i; US_i é a porcentagem de estabelecimento que utiliza sal como suplementação animal; e UR_i é a porcentagem de estabelecimentos que utiliza ração, grãos e subprodutos agroindustriais como suplementação animal. A interpretação e intervalo é análoga aos demais casos demonstrados.

O índice de integração com o mercado foi definido conforme a equação (26):

$$II_i = \frac{0.NI_i + 1.PI_i + 2.I_i + 3.MI_i}{3} \quad (26)$$

Onde: NI_i é a porcentagem de estabelecimentos que não declararam o seu grau de integração com o mercado; PI_i é a porcentagem de estabelecimentos pouco integrados ao mercado; I_i é a porcentagem de estabelecimentos integrados ao mercado; e MI_i é a porcentagem de estabelecimentos muito integrados em um determinado município *i*. O intervalo e a interpretação desse índice são análogos aos casos anteriores.

Como o objetivo do trabalho é o de agrupar e comparar os municípios brasileiros em termos de seus níveis de modernização, as variáveis não foram ponderadas pelo PIB da agropecuária, ao contrário de Hoffmann e Kassouf (1989a; 1989b). A ponderação, além de reduzir a heterocedasticidade da amostra, tem por objetivo representar o peso econômico dos

municípios, sejam eles considerados modernos ou não, e é adequada para o objetivo de se mensurar o processo de modernização como um todo no Brasil e não para classificar os municípios individualmente de acordo com suas características, sendo, portanto, descartada.

Todos os dados foram obtidos no Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) e as variáveis são descritas a seguir:

X1 – Estabelecimentos que utilizaram força de trabalho mecânica/TE;

X2 – Área de pastagem plantada/AP;

X3 – Área trabalhada/AA;

X4 – Área com lavouras permanentes e temporárias/AA;

X5 – Número de tratores/EHA;

X6 – Número de máquinas e implementos agrícolas/EHA;

X7 – Estabelecimentos que tiveram financiamentos no ano de referência/TE;

X8 – Estabelecimentos que realizaram despesas com combustíveis/TE;

X9 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio em nível/TE;

X10 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio direto na palha/TE;

X11 – Estabelecimentos que utilizaram técnicas de rotação de cultura/TE;

X12 – Valor dos bens móveis (veículos, tratores, implementos e animais) /AL;

X13 – Valor dos bens móveis (veículos, tratores, implementos e animais) /EHA;

X14 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração para animais/TE;

X15 – PIB da agricultura/AA;

X16 – PIB da agricultura/EHA;

X17 – Estabelecimentos que realizaram despesas com adubos/TE;

X18 – Estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo/TE;

X19 – Estabelecimentos que realizaram despesas com sementes e mudas/TE;

X20 – Estabelecimentos que realizaram despesas com agrotóxicos/TE;

X21 – Estabelecimentos que realizaram despesas com compra de animais/TE;

X22 – Estabelecimentos que realizaram despesas com medicamentos para animais/TE;

X23 – Estabelecimentos que utilizaram energia elétrica/TE;

X24 – Índice médio do nível de escolaridade da pessoa que dirige o estabelecimento;

X25 – Índice médio do nível de orientação técnica recebida pela pessoa que dirige o estabelecimento;

X26 – Índice médio de uso de suplementação animal;

X27 – Estabelecimentos muito especializados/TE;

X28 – Estabelecimentos especializados/TE;

X29 – Estabelecimentos associados a cooperativas ou entidades de classe/TE;
X30 – Índice médio de integração com o mercado;

Foram obtidos dados de 4.535 municípios brasileiros. A Tabela 6 traz as médias regionais das variáveis selecionadas para um conjunto de 4.535 municípios brasileiros, que representam todas as regiões político-administrativas.

Tabela 6. Médias regionais das variáveis selecionadas

Variáveis	Unidade de medida	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
X1	%	0,17	0,23	0,41	0,57	0,38	0,37
X2	%	0,76	0,39	0,55	0,38	0,81	0,50
X3	%	0,46	0,41	0,53	0,53	0,61	0,50
X4	%	0,08	0,22	0,24	0,42	0,12	0,26
X5	Un/EHA	0,05	0,02	0,15	0,20	0,19	0,12
X6	Un/EHA	0,16	0,20	0,64	1,13	0,61	0,59
X7	%	0,11	0,14	0,15	0,36	0,15	0,19
X8	%	0,61	0,43	0,44	0,62	0,57	0,51
X9	%	0,15	0,25	0,39	0,42	0,18	0,32
X10	%	0,05	0,04	0,04	0,38	0,07	0,13
X11	%	0,05	0,08	0,09	0,32	0,06	0,14
X12	R$ mil/ha.	0,55	0,49	1,14	1,81	0,74	1,03
X13	R$ mil/EHA	31,13	6,78	24,45	27,56	74,02	24,98
X14	%	0,46	0,26	0,48	0,50	0,65	0,43
X15	R$ mil/ha.	0,28	0,50	0,87	1,05	0,22	0,70
X16	R$ mil/EHA	14,30	5,96	19,25	16,91	24,34	14,88
X17	%	0,14	0,14	0,45	0,66	0,23	0,37
X18	%	0,04	0,03	0,23	0,15	0,10	0,13
X19	%	0,08	0,06	0,15	0,38	0,13	0,17
X20	%	0,15	0,22	0,26	0,61	0,17	0,31
X21	%	0,18	0,21	0,20	0,39	0,23	0,25
X22	%	0,62	0,48	0,64	0,69	0,80	0,62
X23	%	0,49	0,64	0,83	0,85	0,77	0,75
X24	Índice	0,37	0,26	0,49	0,46	0,48	0,41
X25	Índice	0,14	0,08	0,26	0,38	0,23	0,22
X26	Índice	0,53	0,59	0,65	0,65	0,62	0,62
X27	%	0,25	0,21	0,30	0,17	0,26	0,23
X28	%	0,38	0,35	0,36	0,38	0,44	0,37
X29	%	0,35	0,37	0,35	0,56	0,30	0,40
X30	Índice	0,54	0,52	0,62	0,62	0,61	0,59

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009)

O percentual de estabelecimentos que utilizaram força mecânica (X1) se destaca na região Sul, onde, em média 57% dos estabelecimentos dos municípios adotaram força mecânica. A região Sudeste apresentou o segundo maior percentual (41%), seguida pelo Centro-Oeste (38%), Nordeste (23%) e Norte (17%). As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste ficaram a frente também no número de tratores por EHA (X5), no número de máquinas e implementos agrícolas por EHA (X6) e no valor dos tratores, máquinas, veículos e implementos por área de lavoura (X12). Já no valor dos tratores, máquinas, veículos e implementos por EHA as regiões Centro-Oeste e Norte ficaram à frente do Sul e Sudeste, devido ao uso reduzido de mão de obra na produção agropecuária e ao porte das máquinas no Norte e Centro-Oeste.

As variáveis relacionadas à integração dos estabelecimentos ao mercado demonstram o protagonismo da região Sul, sobretudo no que diz respeito ao percentual de estabelecimentos que obteve financiamentos no ano de referência (X7), na qual a região Sul apresentou percentual de 36% enquanto todas as demais não ultrapassaram os 15%. Fato semelhante ocorre com o percentual de estabelecimentos associados à cooperativas e/ou entidades de classe (X29), no qual a região Sul apresentou o valor de 56%, enquanto as demais se situaram entre 30% e 37%. Com relação ao índice de integração ao mercado (X30), o conjunto Centro-Oeste, Sul e Sudeste apresentou os maiores valores e o Nordeste permaneceu em último lugar.

No que diz respeito às variáveis de melhoramento do solo e das condições produtivas de forma geral, cabem alguns destaques. Centro-Oeste e Norte apresentaram os maiores valores da variável X2 – percentuais de área de pastagem que é plantada (81% e 76%, respectivamente). No percentual da área aproveitável que é ocupada com lavouras permanentes ou temporárias (X4), a região Sul se destacou com 42%, bastante superior ao Sudeste, 2º colocado, que ficou com 24%. Os maiores percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com adubos (X17), com sementes (X19) e com agrotóxicos (X20) estão associados à região Sul. Já a região Sudeste apresentou o maior percentual de estabelecimentos que utilizaram corretivos para o solo (X18). Para as demais variáveis relacionadas às melhorias das condições produtivas, como a suplementação animal e as despesas com sal e ração, os valores médios apresentados pelas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste são superiores aos no Norte e Nordeste.

Com relação às variáveis que representam “boas práticas” de produção, a região Sul se destaca, por exemplo, com os elevados percentuais de estabelecimentos que realizaram plantio em nível (X9), plantio direto na palha (X10) e rotação de culturas (X11). Já o grau de escolarização das pessoas que dirigem os estabelecimentos (X24) e o grau de orientação técnica recebida demonstra a situação desfavorável das regiões Norte e Nordeste, que apresentaram índices expressivamente menores que as demais regiões.

Esse descritivo de médias corrobora trabalhos como os de Hoffmann e Kageyama (1985), Hoffmann e Kassouf (1989a, 1989b), Hoffmann (1992) e Souza e Lima (2003) ao apontar essa preponderância das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul no que diz respeito à modernização da agropecuária. Além disso, demonstra que esse hiato permanece ao longo do tempo, mesmo com mudanças intensas em termos de política agrícola entre 1950 e 2006.

3.3. Resultados e discussões

Considerando os 4.535 municípios que compõem a amostra e as 30 variáveis assumidas como indicadores de modernização agropecuária, foi realizado o teste de Hopkins para avaliar a adequação dos dados à análise de clusters. O teste resultou em um índice de 0,0978, valor próximo de zero e que, portanto, demonstra a adequação da base de dados à análise de clusters.

Foram ajustados os modelos em um intervalo de 1 a 100 clusters e consideradas as 14 variações do modelo, que levam em conta a forma, o volume e a orientação de cada cluster. Como resultante, com base no Critério de Informação Schwarz (-288.389,9), o modelo com melhor ajuste foi composto por 9 clusters com a configuração VEV (volume variável; forma equivalente; e orientação variável com relação aos eixos). Os clusters foram plotados no mapa municipal brasileiro, fornecendo uma visão regionalizada dos indicadores de modernização. Os valores médios de cada uma das 30 variáveis para os 9 clusters são discutidos ao longo do texto e estão detalhados na Tabela 7 do Apêndice, bem como as médias nacionais de cada variável e indicadores correlatos. As médias nacionais foram tomadas como valores de referência para a comparação com cada um dos clusters. Nesse sentido, os termos “arcaico” e “moderno” são sempre relativos ao padrão médio nacional.

A Figura 6 ilustra os 9 clusters em conjunto. A ordenação foi realizada com base na mediana dos valores médios municipais em cada variável analisada, minimizando o efeito de variáveis nas quais os clusters apresentem valores extremos. Embora nenhuma restrição de contiguidade tenha sido imposta à construção dos clusters, os municípios de um mesmo cluster apresentaram, visualmente, considerável dependência espacial.

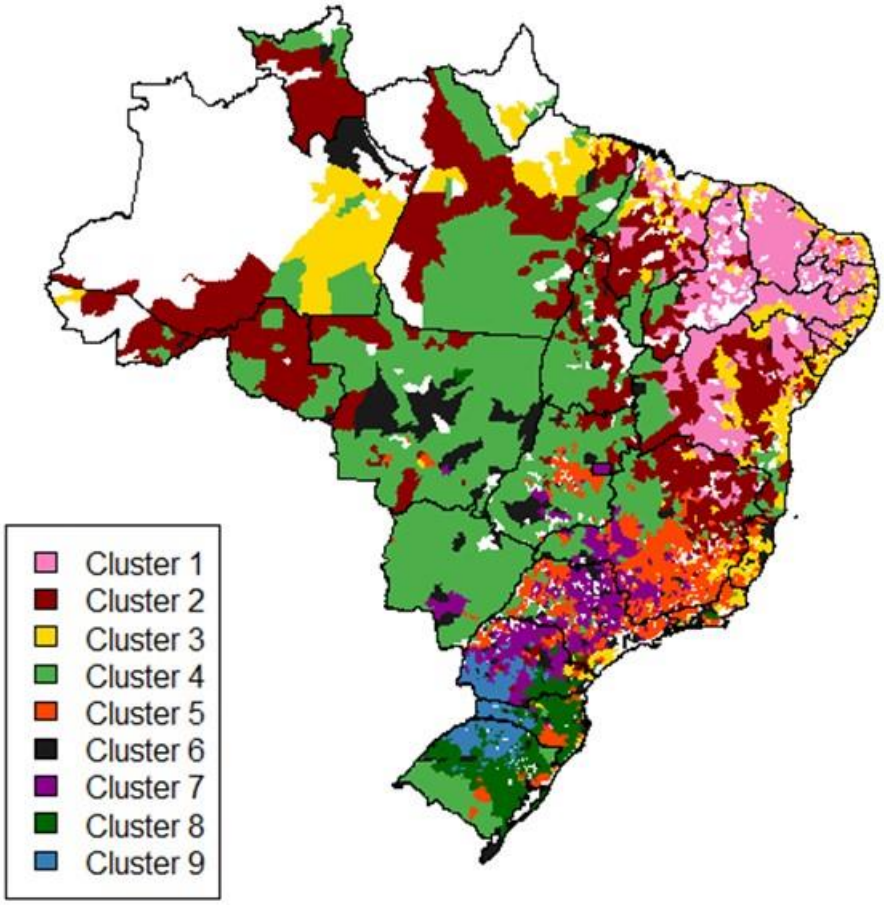

Figura 6. Clusters construídos com variáveis de modernização agropecuária
Fonte: Resultados da pesquisa

O Cluster 1 é formado por 653 municípios, dos quais 96% pertencem à região Nordeste, sobretudo no semiárido brasileiro e em partes do Meio Norte, no estado do Maranhão. Ele concentra 1,2 milhões de estabelecimentos agropecuários, cerca de 23% do total brasileiro. Em termos de Equivalente-Homem-Ano, o pessoal ocupado corresponde a aproximadamente 2 milhões de trabalhadores (22% do total da amostra considerada) em 2006. Os estabelecimentos possuem, em média, 24 hectares e ocupam 8% da área aproveitável para atividades agropecuárias no país. Em termos de geração de valor, o cluster é responsável por 5% do PIB da agropecuária, o que o caracteriza como um grupo de produtores marginalizados, que atuam sob formas "arcaicas" de produção e demonstram baixa capacidade de geração de riqueza.

Não bastassem as mazelas do clima semiárido, o Cluster 1 é caracterizado por valores expressivamente baixos em quase todas as métricas de modernização, o que resulta no pífio desempenho no que diz respeito à geração de renda. Com exceção do Índice de suplementação animal (0,63) e o Percentual de estabelecimento associados a cooperativas ou entidades de classe (44%), variáveis nas quais o cluster mantém valores médios próximos às médias

nacionais, os demais indicadores apresentam valores abaixo dos de referência, retratando as condições precárias enfrentadas por esse grupo de municípios.

Destaca-se a baixa adoção de formas de melhoramento do solo e das condições produtivas, como o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (1%), com adubos (5%), com sementes e mudas (5%), com sal e ração (30%) e com medicamentos para animais (52%), todos muito abaixo dos respectivos valores de referência, demonstrando a insuficiência de medidas adotadas por parte dos produtores para contornar as dificuldades edafoclimáticas que a região enfrenta e alcançar um nível mínimo de competitividade. Além disso, os percentuais de área aproveitável que é trabalhada (29%), que é ocupada com lavouras permanentes e temporárias (17%) e de área de pastagem que é plantada (28%) são baixos no comparativo nacional, demonstrando que áreas que poderiam ser aproveitadas para a atividade agropecuária não estão em uso.

As práticas adotadas pelos produtores rurais e o baixo nível de escolaridade e de orientação técnica recebida por eles (0,07 e 0,24, respectivamente, em uma escala de 0 a 1) são aspectos que reforçam a precariedade do meio rural nessa região. Apenas uma pequena parcela dos estabelecimentos adotou, por exemplo, técnicas de rotação de cultura (6%), de plantio direto (3%) e de plantio em nível (27%).

Os indicadores associados ao grau de capitalização e mecanização produtiva apresentaram valores muito abaixo das médias nacionais. O número de tratores por trabalhador (0,01/EHA) representa uma média de 1 trator para cada 95 trabalhadores, enquanto a média nacional aponta para 1 trator para cada 8 trabalhadores. O número de máquinas e implementos agrícolas por trabalhador é praticamente a metade (0,29) do valor de referência (0,59). O valor dos bens móveis por trabalhador (R$4.335,05/EHA) e por área de lavoura (R$407,48/ha) estão também muito abaixo das médias nacionais (R$24.982,25/EHA e R$1.030,26/ha, respectivamente). Além disso, apenas 25% dos estabelecimentos, em média, utilizaram força de trabalho mecânica em suas atividades.

A associação às cooperativas ou entidades de classe é uma característica de 44% dos produtores desse cluster, valor ligeiramente acima do de referência. O percentual médio de estabelecimentos que obteve financiamentos no ano de referência foi de 16%, apenas 3 pontos percentuais abaixo da média nacional. Já o índice médio de integração ao mercado é da ordem de 0,47, enquanto o valor de referência é de 0,59. Nesse sentido, o relativo acesso ao crédito e a disponibilidade de áreas aproveitáveis para os produtores rurais do Cluster 1 parecem não ser características suficientes, embora necessárias, para que a agropecuária da região se desenvolva, o que vai de encontro à argumentação de Helfand e Rezende (2001).

A baixa capacidade de geração de riqueza retrata os problemas do atraso tecnológico desse cluster. O PIB/EHA é de R$2.988,32, o que equivale a cerca de 0,7 salários mínimos mensais de 2006, valor 80% inferior à média nacional, enquanto o PIB/ha é da ordem de R$247,14, demonstrando a baixa lucratividade das atividades presentes nesse cluster.

A pauta produtiva do Cluster 1 é composta, principalmente, pela criação de animais de grande porte (19%), produção de leite de vaca (9%), aves (7%) e ovos de galinha (3%), produção de banana (13%), milho (11%) e feijão fradinho (6%), arroz (3%) e mandioca (3%), que respondem juntos por 74% do valor de produção (IBGE, 2009).

Ainda que esse cluster tenha certa representatividade em termos de área, emprego e um percentual de estabelecimentos com acesso ao crédito semelhante à média nacional, a precariedade dos aspectos relacionados à modernização, sobretudo aqueles ligados à qualificação dos produtores, capitalização e a adoção de "boas práticas", resulta em baixa capacidade de geração de renda, o que corrobora com a argumentação de Helfand e Rezende (2001) da ineficácia das políticas adotadas a partir da segunda metade da década de 1990 para gerar o desenvolvimento dos produtores mais vulneráveis e da parcela reduzida de recursos destinados aos serviços gerais voltados à agropecuária Tangermann (2005).

O Cluster 2 é formado por 601 municípios, 39% situados na região Nordeste (sobretudo no Meio Norte e em partes do estado da Bahia), 28% na região Norte e 26% na região Sudeste (sobretudo na parcela setentrional do estado de Minas Gerais) e representa cerca de 746 mil estabelecimentos (14% do total). Nesse caso, os estabelecimentos possuem área média de 79 hectares, consideravelmente superior àquela apresentada pelo Cluster 1, e representam 18% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil. Esses estabelecimentos ocupam 1,5 milhões de trabalhadores (EHA), o que equivale a 16% da amostra. Porém, mesmo ocupando parcelas expressivas de terra e trabalho, o Cluster 2 é responsável por apenas 9% do PIB agropecuário brasileiro, o que o leva aos baixos níveis de PIB/ha (R$192,05) e PIB/EHA (R$6.986,31).

Com relação às variáveis que representam o grau de capitalização do produtor, novamente surge um cenário bastante adverso. Os números de máquinas e implementos por pessoal ocupado (0,12), de tratores por pessoal ocupado (0,03) e o percentual de estabelecimentos que fizeram uso de força mecânica (19%) refletem o baixo grau de mecanização da lavoura e baixa capitalização dos produtores rurais. Apenas o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com animais (21%) está próximo à média nacional (25%). O valor dos bens móveis por trabalhador (R$14.459,59) e por hectare (R$474,95) estão próximos à metade das respectivas médias nacionais. Esses estabelecimentos apresentam ainda

um baixo índice de integração ao mercado (0,50) e acesso restrito ao crédito, tendo em vista que apenas 13% dos estabelecimentos, em média, obteve financiamentos no ano de referência.

Os esforços realizados para o melhoramento das condições produtivas estão concentrados em atividades ligadas à criação de animais, uma vez que apenas as variáveis como o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração (44%) e medicamentos para animais (66%) e a parcela de área de pastagem que é plantada (71%) apresentaram valores acima dos de referência. Todavia, as variáveis relacionadas diretamente às atividades agrícolas apresentaram desempenho pífio. Os percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (3%), adubos (12%), sementes e mudas (9%) e agrotóxicos (13%) foram todos inferiores aos valores de referência.

As variáveis relacionadas às técnicas modernas, como o percentual de estabelecimentos que utilizou técnicas de plantio direto (6%), rotação de cultura (8%), e plantio em nível (16%), demonstram uma realidade precária, agravada pelos baixos índices de escolaridade (0,32) e de orientação técnica recebida (0,09).

Todos esses aspectos relacionados à "preferência" pela criação de animais se refletem na pauta produtiva. A criação de animais de grande porte é responsável por 38% do VBP desse grupo, seguida pela produção de leite de vaca (9%), silvicultura (7%), mandioca (6%), milho (4%), arroz (4%), soja (3%), banana (3%), cana-de-açúcar (3%) e criação de aves (3%). Esses 10 produtos totalizam, portanto, 80% do VBP do Cluster 2.

O Cluster 3 é formado por 582 municípios, 68% deles concentrados nas regiões Nordeste (sobretudo na Zona da Mata), 21% no Sudeste (sobretudo no Espírito Santo) e 9% na região Norte (nos estados do Amazonas e Pará). Nele estão situados cerca de 847 mil estabelecimentos (16% do total), que representam 6% da área aproveitável para atividades agropecuárias do país (média de 22 ha por estabelecimento). O pessoal ocupado, em termos de EHA, foi de cerca de 1,7 milhões de trabalhadores, equivalente a 18% da amostra.

Embora o clima mais úmido característico desses municípios seja uma vantagem com relação ao semiárido brasileiro, o Cluster 3 mantém ainda indicadores que demonstram relativo atraso na agropecuária, uma vez que o grupo responde por 16% dos estabelecimentos e 18% do pessoal ocupado, mas apenas 11% do PIB agropecuário brasileiro.

O grau de capitalização desses estabelecimentos está abaixo dos valores de referência em todos os aspectos considerados. O número de tratores/EHA (0,02) representa uma proporção de 1 trator para cada 41 trabalhadores, aspecto semelhante ao que ocorre com o número das demais máquinas e implementos agrícolas por trabalhador. Expressivamente baixo é, também, o valor dos bens móveis em relação ao número de trabalhadores (R$4.913,56/EHA) e à área de

lavoura (R$614,00/ha). Corroboram com esse cenário os baixos percentuais de estabelecimentos que obtiveram financiamentos (12%) e de estabelecimentos associados à cooperativas e/ou entidades de classe (32%).

As parcelas de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (10%), sementes e mudas (8%) e agrotóxicos (22%) estão expressivamente abaixo das respectivas médias nacionais, assim como a parcela de estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração (15%) e medicamentos para animais (32%).

Combina-se a isso a baixa adoção de técnicas como o plantio direto na palha, que ocorre, em média, em apenas 3% dos estabelecimentos do cluster, e de rotação de cultura, adotada apenas por 10% dos estabelecimentos. Ainda que a baixa adoção de tais técnicas possa estar associada à produção de horticultura, frutas e outras lavouras permanentes, os baixos níveis de escolaridade (0,33) e de orientação recebida pela pessoa que dirige o estabelecimento (0,10) contribuem para esse mal-uso dos poucos recursos disponíveis.

O conjunto de variáveis nas quais o Cluster 3 apresentou resultados próximos ou acima das respectivas médias nacionais congregam os percentuais de estabelecimentos especializados (34%) e muito especializados (31%), o índice médio de integração com o mercado (0,63), o percentual de área aproveitável ocupada com lavouras permanentes e temporárias (37%), o percentual de área aproveitável que é trabalhada (55%) e o percentual de estabelecimentos que utiliza técnicas de plantio em nível (34%). Esse cluster está associado a atividades mais intensivas em mão-de-obra o que reduz o PIB por trabalhador (R$9.107,06), mas que aumenta a agregação de valor por hectare (R$986,10).

A pauta produtiva está concentrada em 10 produtos, que são responsáveis por 70% do seu Valor Bruto de Produção, conforme segue: Banana (13%), Cana-de-açúcar (13%), Mandioca (10%), Café arábica (8%), Horticultura (4%), Laranja (3%), Cacau (3%), Criação de aves (7%), Criação de animais de grande porte (6%) e Ovos de galinha (3%). Vários desses produtos podem ser comercializados diretamente ao consumidor final, como a banana, mandioca, laranja e produtos da horticultura, o que pode estar atrelado às cadeias curtas de comercialização e explicar o baixo nível de associação a cooperativas e entidades de classe.

A Figura 7 ilustra os três primeiros clusters isolados dos demais e em ordem crescente de modernização, tendo como critério a mediana dos valores médios encontrados para todas as variáveis padronizadas analisadas em cada cluster.

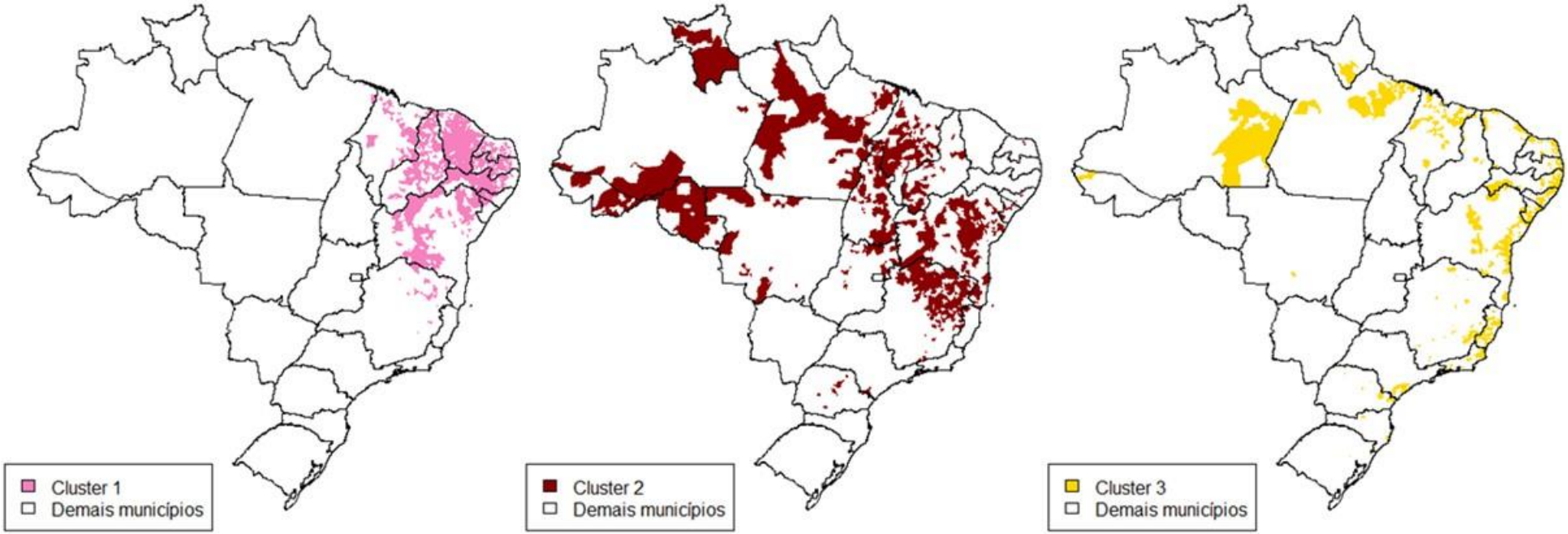

Figura 7. Clusters menos avançados no processo de modernização

Fonte: Resultados da pesquisa

O Cluster 4 é composto por 541 municípios, 49% deles no Centro-Oeste, 20% no Sudeste (sobretudo na mesorregião Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro) e 18% no Norte (principalmente nos estados do Tocantins e Pará). Nele se situam cerca de 375 mil estabelecimentos (7% do total), que empregam 9% da mão-de-obra rural (802 mil trabalhadores em termos de EHA). Esses estabelecimentos são expressivamente maiores (em média 317 hectares) e respondem por 36% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil. A participação do Cluster 4 no PIB agropecuário é de 16%.

Com relação ao grau de capitalização e mecanização dos estabelecimentos, apenas o número de tratores por trabalhador (0,18 – o que equivale a 1 trator para cada 6 trabalhadores) e o valor dos bens móveis por trabalhador (R$24.982,25) são superiores aos valores de referência. Devido às grandes extensões dos estabelecimentos, o valor dos bens móveis por hectare de área de lavoura (R$1.030,26) é 35% inferior à média nacional. As demais variáveis relacionadas à mecanização e capitalização apresentaram valores próximos aos de referência. Interessante notar que, embora sejam grandes propriedades, o percentual de estabelecimentos que obtiveram financiamentos nesse cluster (14%) é inferior à média nacional (19%).

No que diz respeito às medidas associadas ao melhoramento do solo e das condições produtivas, as variáveis com valores superiores aos de referência estão associadas à criação de animais. O percentual de área de pastagem que é plantada (71%) supera consideravelmente o valor médio nacional (50%), assim como os percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com sal e ração (61%) e com medicamentos para animais (80%). Variáveis mais associadas com a agricultura apresentaram valores inferiores aos de referência, como o percentual de estabelecimentos que realizou despesas com corretivos do solo (10%), com adubos (20%), com sementes e mudas (10%) e com agrotóxicos (13%), bem como o percentual de área aproveitável que é ocupada com lavouras permanentes e temporárias (9%).

A adoção de técnicas modernas de produção agrícola é expressivamente baixa, conforme indicado pelos percentuais de estabelecimentos que utilizaram técnicas de plantio direto na palha (3%), rotação de culturas (4%) e plantio em nível (17%). Os índices médios do nível de escolaridade (0,47) e de orientação técnica recebida pelas pessoas que dirigem os estabelecimentos (0,22) apresentaram valores relativamente próximos aos de referência.

A capacidade de agregação de valor do Cluster 4 é um tanto contraditória, uma vez que, devido às extensas áreas que ocupa no território brasileiro, o PIB por hectare de área aproveitável foi de R$199,20, valor 71% inferior à média nacional, enquanto o PIB por trabalhador foi de R$22.299,13, superando a média nacional em 50%.

A pauta produtiva desse cluster é fortemente concentrada na criação de animais de grande porte (41%) e produção de soja (18%). Algumas atividades secundárias com relativo destaque são a produção de cana de açúcar (8%), leite de vaca, algodão, milho e silvicultura, cada um com 5% do total do VBP, e a criação de aves (3%) e animais de médio porte (2%). Todas essas atividades, em conjunto, representam 92% do valor de produção do Cluster 4.

O Cluster 5 engloba 704 municípios, concentrados na região Sudeste (81%), sobretudo no oeste paulista e na parcela central e sudeste de Minas Gerais, e na região Sul (10%). Ao todo são 437 mil estabelecimentos (8% do total), que correspondem a 7% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil (média de 50 ha por estabelecimento) e a 10% do pessoal ocupado em termos de EHA (896 mil trabalhadores). Esse cluster representa 10% do PIB agropecuário, parcela equivalente à de pessoal ocupado e superior a sua representatividade em termos do número de estabelecimentos e da área aproveitável, demonstrando maior capacidade de agregação de valor do que os clusters já analisados.

Com relação ao nível de capitalização e mecanização dos estabelecimentos, o valor dos bens móveis por trabalhador (R$21.632,67/EHA) é pouco inferior aos R$24.982,25/EHA que representam a média nacional. O mesmo ocorre para o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com compra de animais (22%), que está três pontos percentuais abaixo da média nacional. As demais variáveis associadas ao grau de capitalização, como o valor dos bens móveis por EHA (R$21.632,67), o número de tratores por EHA (0,12), o número de máquinas e implementos agrícolas por EHA (0,63) e o percentual de estabelecimentos que utilizaram força de trabalho mecânica (37%), apresentaram valores muito próximos aos de referência.

No que diz respeito aos insumos e práticas para o melhoramento das condições de produção, o Cluster 5 apresentou médias superiores às de referência nas seguintes variáveis: percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (21%), com adubos (43%), com sal e ração para animais (56%), com medicamentos para animais (72%), no índice de suplementação animal (0,66) e no percentual de área de pastagem que é plantada (53%). Ficaram abaixo das médias nacionais os percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com sementes e mudas (15%) e com agrotóxicos (20%).

Apenas 2% dos estabelecimentos do Cluster 5, em média, adotaram técnicas de plantio direto e 7% utilizaram-se de técnicas de rotação de culturas. Além disso, apenas 13% dos estabelecimentos, em média, tiveram financiamentos no ano de referência. A capacidade de geração de valor, por sua vez, ficou muito próxima às respectivas médias nacionais, com um PIB/EHA de R$13.1611,11 e um PIB/AA de R$550,16.

As principais atividades agropecuárias desse cluster são a criação de animais de grande porte (23%), a produção de leite de vaca (10%), a criação de aves (10%) e a produção de ovos de galinha (3%), bem como o cultivo de café (10%), cana-de-açúcar (9%), silvicultura (5%), cultivo de milho (5%), a horticultura (4%) e a produção de laranja (3%). Tais atividades, somadas, representaram 81% do Valor de produção do Cluster 5.

O Cluster 6 é composto por 224 municípios, nos quais estão situados 113 mil estabelecimentos (2% do total brasileiro), distribuídos nas regiões Sudeste (39%), Sul (25%) e Centro-Oeste (18%). Os estabelecimentos possuem área média de 173 hectares e, no total, ocupam 6% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil. O pessoal ocupado nos estabelecimentos desse cluster representa 3% do total, em termos de EHA, o que equivale a cerca de 297 mil trabalhadores. Apesar de pequenas parcelas em termos de número de estabelecimentos, emprego e área, o Cluster 6 representa 11% do PIB agropecuário brasileiro.

No tocante ao grau de mecanização e capitalização dos estabelecimentos, o número de tratores por EHA (0,24) corresponde a 1 trator para cada 4 trabalhadores, praticamente o dobro do valor médio nacional. O valor dos bens móveis por EHA (R$77.532,20) é o maior entre todos os clusters, em parte devido ao relativamente pequeno contingente de mão-de-obra empregada nas atividades agropecuárias desse cluster, e o valor dos bens móveis por hectare de área de lavoura (R$2.576,87) supera em 150% a média nacional.

Com relação às práticas de melhoramento do solo e das condições de produção, destacam-se as variáveis associadas à produção agrícola, como os percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (22%), com adubos (45%) e agrotóxicos (36%), bem como o percentual de área aproveitável que é ocupada com lavouras permanentes e temporárias (37%), que apresentaram valores consideravelmente superiores às respectivas médias nacionais. Destacam-se também os índices relativamente elevados de escolaridade (0,50) e de orientação técnica recebida pelos produtores (0,32). Esse cluster possui alta capacidade de geração de riqueza, com um PIB/EHA da ordem de R$48.581,67 e um PIB/ha da ordem de R$2.018,17, ambos muito superiores às respectivas médias nacionais.

A pauta produtiva se concentra na produção de soja, que representa 26% do VBP agropecuário, seguida pela cana-de-açúcar (15%), milho (9%), algodão (7%). Somam-se, ainda, a criação de animais de grande porte (9%), aves (6%) e animais de médio porte (2%), produção de ovos de galinha (4%), leite de vaca (2%), horticultura (4%) e silvicultura (3%). Juntos, esses produtos representam 87% do valor de produção. A Figura 8 ilustra os Clusters 4, 5 e 6, isolados dos demais e, novamente, em ordem crescente de modernização.

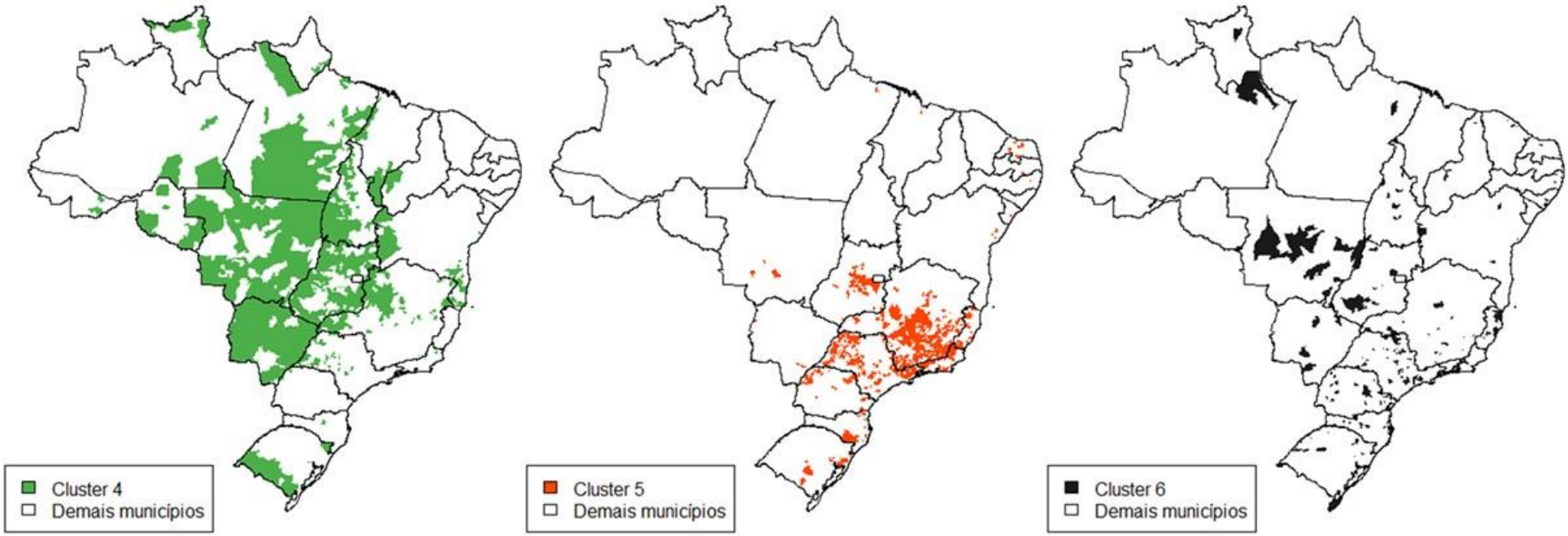

Figura 8. Clusters intermediários no processo de modernização

Fonte: Resultados da pesquisa

O Cluster 7 engloba 466 municípios, 63% deles concentrados nas regiões Sudeste (em grande parte do estado de São Paulo, sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro), 33% na região Sul (sobretudo no Paraná) e uma pequena parcela na região Centro Oeste. Possui cerca de 296 mil estabelecimentos agropecuários (6% do total brasileiro), que ocupam 6% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil e possuem, em média, 66 hectares. Esses municípios empregaram 6% do pessoal ocupado em atividades agropecuárias (cerca de 790 mil trabalhadores). Entretanto, o Cluster 7 é responsável por 16% do PIB agropecuário, um salto expressivo com relação aos clusters analisados até aqui, demonstrando elevada produtividade e capacidade de agregação de valor.

Trata-se de um cluster que apresenta alto grau de capitalização e mecanização, no qual 60% dos estabelecimentos, em média, utilizaram força de trabalho mecânica e no qual os números de tratores (0,25) e de máquinas e implementos agrícolas (0,90) por EHA são consideravelmente superiores às médias nacionais. Nas variáveis relacionadas à integração, o Cluster 7 apresentou o maior índice de integração com o mercado (0,69), um percentual de estabelecimentos que obteve financiamentos no ano de referência pouco superior à média nacional e cerca de 40% dos estabelecimentos associados às cooperativas e/ou entidades de classe, valor equivalente à média nacional.

No que diz respeito ao melhoramento do solo e das condições produtivas, as variáveis com ligação direta com a agricultura apresentaram valores consideravelmente maiores que os de referência. O percentual de estabelecimentos que realizou despesas com corretivos do solo (27%), adubos (60%), sementes e mudas (24%) e agrotóxicos (49%) estão todos acima das respectivas médias nacionais, assim como o percentual de área aproveitável que é ocupada com lavouras permanentes e temporárias (49%) e de área aproveitável que foi trabalhada (68%). Por outro lado, as variáveis voltadas à criação animal, como a parcela de estabelecimentos que realizou despesas com sal e ração (39%) e medicamentos para animais (55%), bem com o índice de suplementação animal (0,65) apresentaram valores similares aos de referência.

Os índices de escolaridade (0,55) e de orientação técnica recebida pelos produtores (0,40) se destacam nesse cluster, bem como o percentual de estabelecimentos que realizou técnicas de plantio em nível (53%). As variáveis relacionadas ao uso de combustíveis e de energia elétrica apresentaram valores muito próximos aos de referência. Ainda assim, a capacidade de geração de renda desse é consideravelmente alta, com um PIB agropecuário por hectare de área aproveitável de R$1.138,81 e o PIB/EHA de R$26.542,14.

O valor de produção é concentrado em poucas atividades, como a de cana-de-açúcar, com 27% do total do VBP, seguida pelo café (13%) e a soja (11%). Com parcelas um pouco

menores estão a criação de animais de grande porte (9%), de aves (6%), a produção de leite de vaca (3%), a produção de laranja (7%), milho (7%), horticultura (3%) e silvicultura (2%). Juntas, essas atividades representam 88% do valor de produção agropecuário do Cluster 7.

O Cluster 8, por sua vez, é composto por 373 municípios, com forte concentração na região Sul (97%), nas faixas mais ao leste do Paraná e Santa Catarina (mesorregiões Metropolitana de Curitiba, Sudeste Paranaense, Norte e Sul Catarinenses, Grande Florianópolis e Vale do Itajaí) e nas mesorregiões Centro Ocidental, Centro Oriental, Nordeste e Sudeste Riograndense. Esses municípios ocupam 4% da área aproveitável para atividades agropecuárias no país, na qual estão situados aproximadamente 342 mil estabelecimentos agropecuários (7% do total), com área média de 36 hectares. O cluster é responsável por 7% do pessoal ocupado, 626 mil trabalhadores em termos de EHA, e por 9% do PIB agropecuário.

Com relação ao nível de capitalização e mecanização, o Cluster 8 apresenta valores médios expressivamente superiores aos de referência, com exceção do valor dos bens móveis por EHA, aspecto no qual se iguala à média nacional. O número de tratores por trabalhador (0,24) é duas vezes maior que a média nacional, o que implica em cerca de 1 trator para cada 4 trabalhadores. Fato semelhante ocorre com o valor dos bens móveis por hectare de área de lavoura e o número de máquinas e implementos agrícolas por EHA. Pouco mais da metade dos estabelecimentos (55%) utilizou força de trabalho mecânica e 38% dos estabelecimentos realizou despesas com compra de animais.

Esse cluster possui também maior nível de integração ao mercado (0,61 contra 0,59 da média nacional) e os municípios apresentaram, em média, 30% de estabelecimentos que obtiveram financiamentos no ano de referência, demonstrando o importante papel do crédito rural para o desenvolvimento da agropecuária. O cluster apresentou também 53% de estabelecimentos associados a cooperativas ou entidades de classe. Além disso, a participação de estabelecimentos muito especializados é inferior à média nacional, demonstrando que a diversidade produtiva está presente nos municípios modernos.

A respeito das medidas voltadas ao melhoramento do solo e das condições de produção, as únicas variáveis nas quais o Cluster 8 apresentou valores inferiores aos de referência são aquelas relacionadas à pecuária (Área de pastagem plantada/AP e Área trabalhada/AA). Os percentuais médios de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (19%), com adubos (67%), com sementes e mudas (36%) e com agrotóxicos (60%) são todos superiores às respectivas médias nacionais, assim como o percentual de área aproveitável que é ocupada com lavouras permanentes e temporárias.

A adoção de práticas e técnicas produtivas modernas também é relativamente alta nesse cluster, como o plantio direto na palha (21%), a rotação de culturas (29%) e o plantio em nível (38%), assim como os índices de escolaridade (0,46) e de orientação técnica recebida pelas pessoas que dirigem os estabelecimentos (0,36). Além disso, 91% dos estabelecimentos utiliza energia elétrica e 60% realizou despesas com combustíveis.

Esse cluster atingiu patamares de geração de riqueza superiores às médias nacionais tanto com relação à área aproveitável (R$1.217,48/ha), quanto com relação ao pessoal ocupado (R$17.259,80/EHA). Sua pauta de produção possui como principal representante a produção de fumo, que responde por 15% do valor de produção agropecuário, seguido pela produção de soja (11%), a criação de animais de grande porte (10%), a produção de milho em grão (9%), arroz em casca (8%), criação de aves, silvicultura (8%), criação de animais de médio porte (6%), produção de leite de vaca (4%) e horticultura (3%). Tais atividades, somadas, representam 81% do valor de produção agropecuário do Cluster 8.

Por fim, o Cluster 9 é composto por 391 municípios, todos eles situados na região Sul, englobando a parcela sudoeste do Paraná, o Oeste Catarinense e o Noroeste Riograndense. Ao todo são cerca de 365 mil estabelecimentos (7% do total brasileiro), que ocupam 3% da área aproveitável para atividades agropecuárias no Brasil, tendo, em média 25 hectares, e respondem por 7% do pessoal ocupado em termos de EHA (cerca de 655 mil empregos) e 7% do PIB agropecuário.

O número de tratores por EHA (0,17) corresponde a 1 trator para cada 6 trabalhadores. O número de máquinas e implementos agrícolas por EHA corrobora a elevada mecanização, sendo 131% superior à média nacional. O valor dos bens móveis por hectare de área aproveitável (R$2.002,71/ha) é praticamente o dobro da média nacional (R$1.030,26) e o percentual de estabelecimentos que utilizaram força de trabalho mecânica (65%) é também consideravelmente superior ao valor de referência (37%), assim como o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com a compra de animais (53%).

No mesmo sentido está o acesso ao crédito, uma vez que 52% dos estabelecimentos do Cluster 9 obtiveram financiamentos no ano de referência, contra 19% que representa o valor médio nacional. É também elevado o percentual de estabelecimentos associados a cooperativas e entidades de classe (71%). Os estabelecimentos caracterizam-se também pelo baixo nível de especialização, reforçando a relação entre a diversificação produtiva e a geração de riqueza.

Dentre as práticas de melhoramento do solo e das condições de produção, destacam-se os percentuais de estabelecimentos que realizaram despesas com adubos (79%), com sementes e mudas (51%), com agrotóxicos (77%), com sal e ração (65%) e medicamentos para

animais (77%). Tanto o percentual de área de pastagens que é plantada (42%), quanto o percentual de estabelecimentos que realizaram despesas com corretivos do solo (11%) apresentaram valores pouco abaixo das respectivas médias nacionais, fato possivelmente associado às condições favoráveis de clima e solo, o que se mostra como uma vantagem regional exógena para os produtores.

Já com relação às técnicas de produção, o Cluster 9 se destaca pelos altos percentuais de estabelecimentos que adotaram o plantio direto (65%) e a rotação de culturas (49%), ambas expressivamente superiores aos valores de referência. Associado a isso está o alto índice de orientação técnica recebida pelos produtores (0,42 contra 0,22 da média nacional). Por outro lado, o nível de escolaridade das pessoas que dirigem os estabelecimentos (0,45) não difere muito da média nacional.

A pauta produtiva do Cluster 9 é composta pela produção de soja (20%) e milho (13%) e a criação de animais de grande porte (14%), de médio porte (13%), aves (11%), leite de vaca (8%) e ovos de galinha (4%). De forma secundária, estão a produção de milho forrageiro (3%), fumo (3%) e trigo (2%). Essas atividades representam juntas 91% do valor de produção agropecuário da região. A Figura 9 ilustra os três últimos clusters isolados dos demais e em ordem crescente de modernização.

Figura 9. Clusters mais avançados no processo de modernização

Fonte: Resultados da pesquisa

Em suma, os 9 clusters construídos neste trabalho demonstram o avanço das regiões Sul e Sudeste no processo de modernização. Essas regiões, além de apresentarem condições estruturais relativamente favoráveis à agropecuária, como clima, fertilidade do solo e infraestrutura logística, contam também com os maiores níveis de acesso ao crédito, capitalização e capacitação dos produtores, que se dá por meio de orientação técnica externa. Isso destaca o importante papel de institutos de pesquisa e extensão como a Embrapa, na geração e difusão do conhecimento técnico e científico para os produtores rurais das regiões menos modernas. Políticas que estimulem a difusão da pesquisa e extensão podem, em conjunto com as políticas bem direcionadas de concessão de crédito rural minimizar o abismo existente entre o moderno e o arcaico na agropecuária brasileira.

O pacote de modernização cumpriu um de seus papéis e transformou o Brasil em um dos principais players mundiais do agronegócio, mas falta ainda repartir os benefícios dessa modernização ou, ao menos, fornecer as condições necessárias para que os produtores viabilizem seus empreendimentos e melhorem seus níveis de desenvolvimento e condições de vida. Para tal, um novo "pacote modernizante" deverá ser calcado na difusão de conhecimento técnico, na capacitação e na capitalização dos produtores rurais considerando as especificidades regionais de cada grupo, sobretudo dos mais vulneráveis que, a grosso modo, se situam no sertão nordestino e em partes da região norte. Não basta apenas terra (reforma agrária) e crédito. Essas são condições necessárias, mas não suficientes para a ascensão de grande parte dos produtores rurais brasileiros.

3.4. Considerações finais

O presente estudo construiu grupos homogêneos de municípios com relação aos seus indicadores de modernização da agropecuária no ano de 2006. Foram consideradas 30 variáveis de análise que representam, de acordo com a literatura supracitada, indicadores de modernização. Os 9 clusters resultantes do trabalho corroboram parcialmente com a literatura ao indicar a maior concentração de municípios com agropecuária moderna na região Centro-Sul e municípios com maiores vulnerabilidades econômico-produtivas nas regiões Nordeste e Norte. Todavia, o trabalho destaca a grande heterogeneidade intrarregional, sob a qual coexistem, mesmo dentro de uma mesma unidade da federação ou região administrativa, graus bastante distintos de modernização entre os municípios.

Os três clusters menos modernos representam 54% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, 56% do pessoal ocupado da amostra em termos de EHA e 32% da área aproveitável para atividades agropecuárias no país. Ainda assim, esses clusters, somados,

representam apenas 25% do PIB agropecuário brasileiro, o que demonstra a precariedade de condições produtivas e estruturais, a vulnerabilidade econômica enfrentada por esses produtores e sua consequente incapacidade de geração de renda. Esses clusters são marcados pela baixa capacitação e capitalização dos produtores, baixos níveis de mecanização e uso de insumos como corretivos, fertilizantes e defensivos, bem como da pela baixa adoção de técnicas como a rotação de culturas e plantio direto.

Por outro lado, os três clusters mais modernos representam apenas 19% dos estabelecimentos agropecuários, 12% da área aproveitável para atividades agropecuárias, 22% do pessoal ocupado (em EHA) e 32% do PIB agropecuário. Suas características de destaque são o elevado grau de instrução técnica recebida, o alto grau de capitalização dos produtores, de mecanização, maior acesso ao crédito rural e adoção de práticas e insumos produtivos que fazem parte do pacote de modernização.

Os clusters de municípios “arcaicos” e, portanto, mais vulneráveis se concentram no Nordeste e parcelas da região Norte, onde são encontradas condições relativamente desfavoráveis à produção agropecuária. Ainda que tenham sido realizados programas de redistribuição de terras e de apoio à agricultura familiar a partir de meados dos anos 1990 (Helfand e Rezende, 2001), a falta de difusão do conhecimento e da adequação técnica e tecnológica às especificidades regionais impede que os benefícios da modernização, que tornou o Brasil um dos principais players do agronegócio mundial, cheguem a todos os produtores rurais brasileiros, ampliando o hiato econômico, tecnológico e produtivo entre eles.

REFERÊNCIAS

Almeida, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento rural sustentável. In: Almeida, J.; Navarro, Z. **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**, Porto Alegre: UFRGS, p. 33- 55 1997

Bacha, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Atlas 2004, 226 p.

Balsan, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006

Banfield, J. D.; Raftery, A. E. Ice Floe identification in satellite images using mathematical morphology and clustering about principal curves. **Journal of the American Statistical Association**, v. 87, n. 417, p. 7-16, mar 1992

Bock, H. H. Probabilistic Models in Cluster Analysis. Computational Statistics and Data Analysis, v. 23, n. 1, págs. 5-28. 1996

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**, v. 18, n. 4, p. 717-739, 2014

Celeux, G.; Govaert, G. A classification EM algorithm for clustering for two sthocastic versions. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 14, n. 3, p. 315-332, out 1992

Cruz, F. O.; Ribeiro, C. G.; Lima, I. B. **A modernização agrícola nos municípios da mesorregião Campo das Vertentes: uma aplicação de métodos de análise multivariada**. XLIV Congresso da SOBER, Fortaleza, 23 a 27 de julho de 2006

Do, C. B.; Serafim, B. What is the expectation maximization algorithm?. **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 8, p. 897-899, ago 2008

Duran, B. S.; Odell, P. L. **Cluster analysis: A survey**. Berlin: Spring Verlag. (Lecture notes in economics and mathematical systems, 100.), 137 p., 1974

Fraley C.; Raftery A. E. Model-based clustering, discriminant analysis and density estimation. **Journal of the American Statistical Association**, v. 97, n. 458, p. 611-631, 2002

Hair Jr., J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. **Multivariate Data Analysis**. Prentice Hall, New Jersey, 2009.

Helfand, S.M.; Rezende, G.C. Brazilian agriculture in the 1990s: impact of the policy reforms. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. 39p. (**Texto para a Discussão,** 785)

Hoffmann, R. **A dinâmica da modernização da agricultura e distribuição da renda em 157 microrregiões homogêneas do Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 87 p. 1992

Hoffmann, R.; Kageyama, A. Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 15, n. 1, p. 171-208, abr. 1985

Hoffmann, R.; Kassouf, A. L. **Produção e modernização e agropecuária em 332 microrregiões homogêneas do Brasil** – 1980. Piracicaba: ESALQ, 154 p. 1989a

Hoffmann, R.; Kassouf, A. L. Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v. 43 n. 2 p. 273-303, abr./jun. 1989b

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo Agropecuários 2006**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>, 2009, Acesso em: 10 jan. 2017

Johnson, R. A.; Wichern, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey, 2007

Júnior, S. F.; Baptista, A. J. M. S.; Lima, J. E. A modernização agropecuária nas microrregiões do estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n.1, p. 73-89, jan./mar 2004.

Kageyama, A. (coord.). **O Novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais**. In: Delgado, G. C.; Gasques, J. G.; Vila Verde, C. M. Agricultura e Políticas Públicas. Brasília: IPEA, 1990. cap.11, p. 113-223.

Kageyama, A.; Bergamasco, S. M. P. P.; Oliveira, J. A. **Uma classificação dos estabelecimentos agropecuários do Brasil a partir do Censo de 2006**. In: Aspectos multidimensionais da agricultura brasileira (org.: SCHNEIDER, S.; FERREIRA, B.; ALVES, F.), Brasília, IPEA, 387 p., 2014

Kassambara, A. **Practical guide to cluster analysis in R**. STHDA, 2017, 187 págs.

Kaufman, L.; Rousseeuw, P. J. **Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis**. Wiley, New York 1990, 355 págs.

Lawson, R.G.; Jurs, P.C. New index for clustering tendency and its application to chemical problems. **Journal of Chemical Information and Computer Sciences**, v. 30, n. 1, p. 36-41, 1990.

Llanilo, R. F.; Del Grossi, M. E.; Santos, F. O.; Munhos, P. D.; Guimarães, M. F. Regionalização da agricultura do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 120-127, jan./fev. 2006

Mclachlan, G. J.; Basford, K. E. **Mixture models inference and applications to clustering**. New York: Marcel Dekker, 253 p., 1988

Melnykov, V.; Maitra, R. Finite mixture models and model-based clustering. **Statistics Surveys**, v. 4, n. 1, p. 80-116, 2010

Murtagh, F.; Raftery, A. E. Fitting straight lines to point patterns. **Pattern Recognition**, v. 17, n.5, p. 479-483, 1984

Paz, M. V.; Freitas, C. A.; Nicola, D. S. **Avaliando a intensidade da modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e cluster**. XLIV Congresso da SOBER, Fortaleza, 23 a 27 de julho de 2006

Scrucca L., F. M., Murphy T. B.; Raftery A. E. Mclust 5: clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models, **The R Journal**, v. 8, n. 1, p. 205-233, 2016

Silva, J. G. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Unicamp, 1996, 211 p.

Silva, J. G.; Kageyama, A. Emprego e relações de trabalho na agricultura brasileira: uma análise dos dados censitários de 1960, 1970, e 1975. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 13, n. 1, p. 235-266, abr. 1983.

Souza, P. M.; Lima, J. E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas Unidades da Federação. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 795-824, out/dez 2003

Souza, R. F.; Khan, A. S. A modernização da agricultura, classificação dos municípios e concentração da terra no estado do Maranhão. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. 1, p. 96-111, jan./mar 2001

Tangermann, S. Análise das políticas agrícolas do Brasil (Apresentação do estudo da OCDE). **Revista de Política Agrícola**, Edição Especial, p. 4-16, out 2005

APÊNDICE A. Centros multidimensionais dos clusters (valores médios) em escala de cores

Tabela 7. Valores médios dos indicadores de modernização por Cluster (centro dos clusters) e indicadores correlatos

Continua

Tipo	Variáveis	Média do Cluster									Média geral
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lucratividade	X16 – PIB da agricultura/EHA;	2.99	6.99	9.11	22.30	13.16	48.58	26.54	17.26	12.83	14.88
Lucratividade	X15 – PIB da agricultura/AA;	0.25	0.19	0.99	0.20	0.55	2.02	1.13	1.22	1.00	0.70
Capitalização	X5 – Número de tratores/EHA;	0.01	0.03	0.02	0.18	0.12	0.24	0.25	0.24	0.17	0.12
Capitalização	X13 – Valor dos bens móveis/EHA;	4.34	14.46	4.91	65.81	21.63	77.53	26.46	24.98	23.19	24.98
Capitalização	X12 – Valor dos bens móveis/AL;	0.41	0.47	0.61	0.67	1.02	2.58	1.26	1.97	2.00	1.03
Capitalização	X6 – Número de máquinas e implementos agrícolas/EHA;	0.29	0.12	0.14	0.58	0.63	0.76	0.90	1.22	1.37	0.59
Capitalização	X1 – Estabelecimentos com força de trabalho mecânica/TE;	0.25	0.19	0.22	0.34	0.37	0.49	0.60	0.55	0.65	0.37
Capitalização	X21 – Estabelecimentos com despesas com compra de animais/TE;	0.24	0.21	0.17	0.23	0.22	0.21	0.18	0.38	0.53	0.25
Especialização	X27 – Estabelecimentos muito especializados/TE;	0.14	0.21	0.31	0.27	0.28	0.34	0.34	0.15	0.09	0.23
Especialização	X28 – Estabelecimentos especializados/TE;	0.36	0.37	0.34	0.41	0.38	0.35	0.33	0.44	0.34	0.37
Integração	X30 – Índice médio de integração com o mercado;	0.47	0.50	0.63	0.59	0.59	0.66	0.69	0.61	0.62	0.59
Integração	X7 – Estabelecimentos com financiamentos no ano de referência/TE;	0.16	0.13	0.12	0.14	0.13	0.18	0.21	0.30	0.52	0.19
Integração	X29 – Estabelecimentos associados a cooperativas ou entidades de classe/TE;	0.44	0.37	0.32	0.31	0.31	0.37	0.40	0.53	0.71	0.40
Melhoramentos	X4 – Área com lavouras permanentes e temporárias/AA;	0.17	0.07	0.37	0.09	0.15	0.37	0.49	0.35	0.53	0.26
Melhoramentos	X18 – Estabelecimentos com despesas com corretivos do solo/TE;	0.01	0.03	0.10	0.10	0.21	0.22	0.27	0.19	0.11	0.13
Melhoramentos	X17 – Estabelecimentos com despesas com adubos/TE;	0.05	0.12	0.36	0.20	0.43	0.45	0.60	0.67	0.79	0.37
Melhoramentos	X19 – Estabelecimentos com despesas com sementes e mudas/TE;	0.05	0.09	0.08	0.10	0.15	0.19	0.24	0.36	0.51	0.17
Melhoramentos	X14 – Estabelecimentos com despesas com sal e ração para animais/TE;	0.30	0.44	0.15	0.61	0.56	0.38	0.39	0.45	0.65	0.43
Melhoramentos	X20 – Estabelecimentos com despesas com agrotóxicos/TE;	0.25	0.13	0.22	0.13	0.20	0.36	0.49	0.60	0.77	0.31
Melhoramentos	X22 – Estabelecimentos com despesas com medicamentos para animais/TE;	0.52	0.66	0.32	0.80	0.72	0.55	0.55	0.68	0.77	0.62
Melhoramentos	X26 – Índice médio de uso de suplementação animal;	0.63	0.55	0.56	0.59	0.66	0.63	0.65	0.65	0.68	0.62
Melhoramentos	X2 – Área de pastagem plantada/AP;	0.28	0.71	0.47	0.71	0.53	0.50	0.57	0.22	0.42	0.50
Melhoramentos	X3 – Área trabalhada/AA;	0.29	0.46	0.55	0.53	0.49	0.54	0.68	0.40	0.63	0.50

Tabela 7. – Valores médios dos indicadores de modernização por Cluster (centro dos clusters) e indicadores correlatos

Conclusão

Tipo	Variáveis	Média do Cluster 1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média geral
Técnicas	X10 – Estabelecimentos com técnicas de plantio direto na palha/TE;	0.03	0.06	0.03	0.03	0.02	0.13	0.18	0.21	0.65	0.13
Técnicas	X25 – Índice médio do nível de orientação técnica recebida;	0.07	0.09	0.10	0.22	0.24	0.32	0.40	0.36	0.42	0.22
Técnicas	X11 – Estabelecimentos com técnicas de rotação de cultura/TE;	0.06	0.08	0.10	0.04	0.07	0.16	0.15	0.29	0.49	0.14
Técnicas	X24 – Índice médio do nível de escolaridade do dirigente do estabelecimento;	0.24	0.32	0.33	0.47	0.50	0.50	0.55	0.46	0.45	0.41
Técnicas	X9 – Estabelecimentos com técnicas de plantio em nível/TE;	0.27	0.16	0.34	0.17	0.35	0.39	0.53	0.38	0.44	0.32
Energia	X23 – Estabelecimentos com energia elétrica/TE;	0.70	0.56	0.70	0.70	0.85	0.82	0.77	0.91	0.86	0.75
Energia	X8 – Estabelecimentos com despesas com combustíveis/TE;	0.50	0.49	0.38	0.54	0.43	0.47	0.53	0.60	0.72	0.51
Correlatos	PIB	5%	9%	11%	16%	10%	11%	16%	9%	7%	-
Correlatos	Estabelecimentos	23%	14%	16%	7%	8%	2%	6%	7%	7%	-
Correlatos	Área	8%	18%	6%	36%	7%	6%	6%	4%	3%	-
Correlatos	EHA (Milhares)	22%	16%	18%	9%	10%	3%	8%	7%	7%	-
Correlatos	Municípios (unidades)	653	601	582	541	704	224	466	373	391	-
Correlatos	Área média (hectares)	24	79	22	317	50	173	66	36	25	-

Fonte: elaborado pelo autor