

A MODERNIZAÇÃO DESIGUAL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA DE 2006 A 2017

Isabela Romanha de Alcantara^a

Carlos José Caetano Bacha^b

^aEstudante de doutorado em Economia Aplicada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). Piracicaba, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9172-4271>.

^bProfessor Titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). Piracicaba, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2956-9017>.

Recebido em 29/01/2021

Aceito em 19/08/2022

Received on 2021/11/29

Accepted on 2022/8/19

RESUMO: O objetivo geral deste artigo é analisar os fatores que definem a dinâmica da modernização da agropecuária no Brasil entre 2006 e 2017. Esse período caracteriza-se pela grande expansão da agropecuária no país, sendo que parcela ampla de sua produção se destinou à exportação. Considerando que a modernização é um fenômeno multifacetário, 24 variáveis relacionadas a ela foram calculadas para 137 mesorregiões e geraram cinco fatores, que mensuram: relação capital/trabalho (Fator 1); relação capital/terra (Fator 2); presença de infraestrutura e intensidade do suporte institucional (Fator 3); a intensidade do uso de insumos nas lavouras (Fator 4); e uso sustentável da terra (Fator 5). Não há distribuição igual dos escores desses cinco fatores nas mesorregiões do Brasil em 2006 ou em 2017, e as suas evoluções distintas, entre esses dois anos, nas mesorregiões do país evidenciam que o processo de modernização da agropecuária continua não sendo homogeneamente distribuído no território nacional nas duas primeiras décadas do século XXI.

PALAVRAS-CHAVE: Modernização; agropecuária; análise fatorial; Brasil.

CLASSIFICAÇÃO JEL: Q10; Q16; Q19.

Correspondência para: Isabela Romanha de Alcantara
Contato: isabelaralcantara@gmail.com



THE UNEVEN MODERNIZATION OF BRAZILIAN AGRICULTURE FROM 2006 TO 2017

ABSTRACT: This article aims to analyze the factors that shape the dynamics of Brazil's agriculture modernization between 2006 and 2017. This period is characterized by the huge expansion of agricultural production in the country, with a large share of that production driven to foreign markets. Assuming that modernization is a multifaceted phenomenon, 24 variables related to it were calculated for 137 Brazilian mesoregions, and five factors were estimated, which measure: *capital/labor ratio* (Factor 1), *capital/land ratio* (Factor 2), *the infrastructure and intensity of the institutional support* (Factor 3), *intensity of the use of inputs by crops* (Factor 4) and *sustainable land use* (Factor 5). The distribution of factor-scores among the Brazilian mesoregions in 2006 and in 2017 is uneven, and the different advances between those two years in the mesoregions reinforce that modernization of the agriculture continues taking place unevenly throughout the Brazilian territory during the first two decades of the 21st century.

KEYWORDS: Modernization; agriculture; factorial analysis; Brazil.

INTRODUÇÃO

Apesar da tendência histórica de perda de importância da agropecuária no PIB do Brasil, essa atividade ainda é relevante para o desenvolvimento do país, em especial nas áreas mais afastadas dos grandes centros urbanos (BUAINAI; GARCIA, 2013, 2015). A agropecuária dinamiza outros setores da economia, gerando excedentes exportáveis, alimentos e matéria prima (BACHA, 2018; BUAINAIN; GARCIA; VIEIRA FILHO, 2018). Para tanto, é necessário que a agropecuária se modernize.

Nas duas primeiras décadas do século XXI, o Brasil se tornou um grande produtor e exportador de diversos produtos, entre os quais se destacam os agropecuários e os agroindustriais. Em 2019, o valor das exportações do agronegócio brasileiro foi de US\$ 98 bilhões, sendo o complexo soja responsável por 33,68% desse valor, carnes por 17,23%, e produtos florestais por 13,34% (MAPA, 2020). Considerando o ranking mundial de 2018, o Brasil esteve entre os maiores exportadores de milho e algodão e ocupou posição de liderança em relação à soja, carne de frango, açúcar e café (FAO, 2020). Entretanto, esse panorama não foi sempre assim. Até os anos 1980, o Brasil era um país importador líquido de certos tipos de produtos agropecuários.

A evolução da economia brasileira associa-se fortemente ao desempenho das atividades agropecuárias no país (VIAN *et al.*, 2018). No entanto, a trajetória da agropecuária brasileira é marcada por profundas transformações. O modo intensivo de produção, baseado em inovação e tecnologia adotadas crescentemente a partir dos anos 1970, tem rompido os paradigmas do padrão antigo de produção extensiva (com baixa intensidade de uso de capital e, conseqüentemente, de baixa produtividade). O padrão existente até a década de 1960 era, fortemente, de aumento da produção, baseado na incorporação de mais terra e trabalho ao processo produtivo (BUAINAIN *et al.*, 2014; BUAINAIN; GARCIA; VIEIRA FILHO, 2018; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Tomando o período mais recente, constata-se que a agropecuária, em vários momentos da história brasileira, foi determinante para a recuperação econômica do país, pois funcionou como um contraponto em períodos de recessão interna e externa devido ao seu caráter anticíclico, contribuindo para a redução da volatilidade econômica brasileira (BUAINAIN; GARCIA, 2013, 2015).

No século XXI, percebe-se que o desenvolvimento da agropecuária (e de seus subsetores, como agricultura, pecuária, silvicultura, floricultura, entre outros) está, em parte, baseado no crescimento da produtividade, isto é, relacionado com a capacidade de incorporação de inovações (GASQUES *et al.*, 2012, 2016). A produtividade total dos fatores (PTF) do Brasil é uma das mais altas do mundo (FUGLIE *et al.*, 2020). A combinação de insumos tecnologicamente melhorados contribuiu substancialmente para esse ganho de produtividade (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Tais conquistas podem ser justificadas pela dinâmica da modernização da agropecuária (tanto da agricultura, da pecuária, da silvicultura e de outros de seus segmentos) desenvolvida ao longo do tempo. No entanto, pouco se analisaram as diferenças de tal dinâmica no século XXI a partir das diferentes faces que caracterizam essa modernização.

Diante desse contexto, o objetivo geral deste artigo é analisar os fatores que definem a dinâmica da modernização da agropecuária no Brasil entre 2006 e 2017. A escolha desses anos para análise pode ser justificada por dois aspectos. O primeiro coloca que, à luz das análises de Gasques *et al.* (2016), uma nova onda de mudanças institucionais e de políticas de estímulo à produção contribuíram para o aumento da produtividade total dos fatores da agropecuária brasileira a partir do final da década de 1990. O segundo aspecto deve-se ao fato de 2006 e 2017 serem os dois últimos anos em que foram realizados Censos Agropecuários (quando da conclusão do artigo) e os quais permitem calcular, em nível de mesorregiões – definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) –, os valores de diferentes variáveis que caracterizam a modernização da agropecuária. Essas variáveis serão agregadas em fatores por meio da análise multivariada.

Este trabalho está dividido em quatro seções. Na primeira, realiza-se a revisão de literatura relacionada à dinâmica da modernização da agropecuária (algumas vezes denominada de agricultura por alguns textos) e destacam-se as diferentes variáveis utilizadas para mensurar essa modernização. A segunda seção apresenta a metodologia utilizada para identificação dos principais fatores que agregam as variáveis que mensuram a modernização da agropecuária. A terceira seção traz os resultados da análise fatorial e a análise dos escores fatoriais dos fatores que explicam a modernização da agropecuária nas mesorregiões do Brasil nos anos de 2006 e 2017. O artigo encerra-se trazendo sua conclusão.

1. REVISÃO DA LITERATURA

A modernização da agropecuária pode ocorrer de diversas formas e ser abordada de maneiras distintas. Por exemplo, Hayami e Ruttan (1988) destacam o uso de tecnologias de natureza mecânica (poupadora de trabalho) e/ou de natureza biológica e química (poupadora de terra) de forma a diferenciar a modernização da agropecuária dos EUA e a do Japão, respectivamente, até a década de 1960.

Alves e Pastore (1978), Alves, Souza e Rocha (2012) e Schultz (1953) relacionam a modernização da agropecuária com o uso de insumos modernos e de técnicas que contribuem para o aumento da produtividade dessa atividade. Vieira Filho e Silveira (2016) explicam que o setor agrícola é capaz de absorver progresso técnico e aumentar o seu valor agregado, de modo a promover o desenvolvimento de regiões agroexportadoras.

Ademais, o uso de insumos modernos e a gestão do conhecimento tácito e específico incorporado nas tecnologias, de forma conjunta, determinam a inovação tecnológica.

Na perspectiva de Pastore, Alves e Rizzieri (1974), modernizar a agropecuária significa aumentar a oferta de insumos modernos capazes de elevar a produção por unidade de área e a produção por trabalhador. Se a oferta de insumos modernos (como tratores, fertilizantes e inseticidas, por exemplo) for aumentada no mercado interno, seus preços relativos, isto é, em relação aos preços de produtos agrícolas, devem declinar. Se forem insumos não transacionados do tipo de bens públicos, o Governo deve aumentar quantitativamente a sua oferta.

A modernização da agropecuária também pode ser avaliada a partir de uma visão social, relacionada à condição empregatícia do setor, como verificado no trabalho de Silva e Kageyama (1983). Para Mesquita *et al.* (1977), a modernização da agropecuária surge de novas combinações de fatores de produção, que separam a agropecuária tradicional – caracterizada pelo maior emprego dos fatores terra e trabalho – da modernizada – em que o fator capital tem um papel preponderante em relação aos outros fatores de produção.

Constata-se, a partir do que foi exposto, que a dinâmica da modernização da agropecuária brasileira é tratada na literatura por diferentes abordagens. Tendo em vista o caráter multidimensional da modernização da agropecuária, a análise fatorial permite o agrupamento de diferentes indicadores que retratam essa modernização. O trabalho pioneiro a analisar a dinâmica da modernização da agropecuária brasileira, a qual é referida como agricultura em vários desses trabalhos, com o uso de análise fatorial foi o de Mesquita *et al.* (1977), considerando dados para o ano de 1970. Com dados de 1975 e 1980, Hoffmann (1992) também identificou a dimensão da modernização da “agricultura” (termo que o autor usou para se referir à agropecuária) para microrregiões homogêneas de oito estados brasileiros. Souza e Lima (2003) estudaram a dinâmica da modernização da agropecuária (também chamada pelos autores de “agricultura”) em 26 estados brasileiros. Ainda, Silva e Vian (2019) detalharam essa dinâmica para o Brasil, com base em 4.535 municípios. O termo “agricultura”, utilizado pelos autores citados, pode ser entendido como agropecuária na concepção atual, termo usado neste artigo e também em várias publicações do IBGE e que inclui a produção vegetal (agricultura), animal (pecuária) e florestal (silvicultura e extração florestal), além da horticultura, floricultura e demais atividades conduzidas sob a constituição jurídica do fazendeiro.

Outros trabalhos também foram conduzidos utilizando a análise fatorial para avaliar a dinâmica da modernização da agropecuária de regiões específicas do Brasil. Dentre eles, pode-se citar: Meyer e Braga (1998) e Ferreira Júnior, Baptista e Lima (2004) sobre Minas Gerais; Freitas, Paz e Nicola (2007) sobre o Rio Grande do Sul; Souza e

Khan (2001) sobre o Maranhão. Constata-se que tais trabalhos se assemelham a respeito dos fatores identificados. O primeiro desses fatores, e de maior peso de participação, está relacionado à intensidade do uso da terra, e o segundo com a relação capital/trabalho.

O Quadro 1 sumariza as características das pesquisas realizadas e os fatores encontrados (nas análises fatoriais) para descrever a dinâmica da agropecuária no Brasil e nas diferentes unidades federativas. A literatura ainda é relativamente carente de trabalhos que analisem a dinâmica da modernização com dados das duas primeiras décadas do século XXI. Ademais, a análise regionalmente desagregada permite que as características regionais sejam consideradas.

A maioria dos trabalhos revistos no Quadro 1 fez uso de dados agregados em nível de microrregiões. No entanto, para este artigo não é possível esse nível de desagregação de dados, pois 112 microrregiões não possuem os dados que necessitamos para o ano de 2006, ou para o ano de 2017 ou para ambos os anos. O mapa apresentado no Apêndice 1 destaca quais são essas microrregiões. Destarte, este trabalho utiliza dados de 2006 e 2017 agregados em mesorregiões a fim de preencher tal lacuna.

Quadro 1 – Síntese de algumas pesquisas sobre a dinâmica da modernização da agropecuária brasileira usando a análise fatorial

Autores	Ano (s) analisado (s)	Regionalização	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Mesquita et al. (1977)	1970	359 microrregiões do Brasil	Modernização da agricultura com ênfase na lavoura	Modernização da agricultura com ênfase na pecuária	Mecanização da agricultura	-
Hoffmann (1992)	1975 e 1980	157 microrregiões do Brasil	Intensidade de exploração da terra	Relação capital/trabalho	-	-
Souza e Lima (2003)	1970, 1975, 1980, 1985 e 1995	26 unidades federativas do Brasil	Nível de financiamento e de investimento na agricultura	Uso de tratores e de fontes não-tradicionais de energia e despesas com a produção	-	-
Silva e Vian (2019)	2006	4.535 municípios do Brasil	Lucratividade e tecnologia poupa-terra	Capitalização e tecnificação da criação animal	Capitalização e tecnificação agrícola	Relação capital-trabalho
Meyer e Braga (1998)	1970, 1975, 1980 e 1985	46 microrregiões de Minas Gerais	Intensidade de exploração do solo	Intensidade da exploração do trabalho, ou da relação capital-trabalho	Emprego de tecnologia tradicional (relação contrária à modernização)	-

(Cont.)

Quadro 1 – Síntese de algumas pesquisas sobre a dinâmica da modernização da agropecuária brasileira usando a análise fatorial - (CONTINUAÇÃO)

Autores	Ano (s) analisado (s)	Regionalização	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Ferreira Júnior, Baptista e Lima (2004)	1995/1996	66 microrregiões de Minas Gerais	Intensidade do uso da terra	Relação capital/trabalho	Área irrigada	-
Freitas, Paz e Nicola (2007)	1995/1996	427 municípios do Rio Grande do Sul	Intensidade de exploração da terra	Intensidade da relação capital/trabalho	Intensidade do uso de área irrigada	Intensidade de uso de adubos, corretivos e assistência técnica
Souza e Khan (2001)	1995/1966	136 municípios do Maranhão	Intensidade de uso da terra	Relação capital/trabalho	Utilização de tecnologia tradicional (relação contrária à modernização)	-

Nota: (-) indica que o trabalho não destacou tal fator. Manteve-se neste quadro o termo “agricultura” usado pelos autores, mas que se refere ao que se entende atualmente como agropecuária, termo utilizado pelo IBGE em seus Censos Agropecuários desde 1970.

Fonte: Elaboração própria.

2. METODOLOGIA

O artigo classifica-se, usando o exposto em Gil (2022), como sendo uma pesquisa aplicada (quanto ao seu tipo), quantitativa (quanto a sua abordagem), de caráter exploratório e explicativo (quanto ao seu objetivo), e estatística (quanto ao seu método), ao usar a análise multivariada para identificar e analisar os fatores que caracterizam a modernização da agropecuária brasileira nas duas primeiras décadas do século XXI.

Diante da característica multidimensional da dinâmica da modernização da agropecuária no Brasil, reuniram-se 24 variáveis para 137 mesorregiões brasileiras, coletando dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE, 2020). A maioria dessas variáveis foi dividida pelo pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários (PO) ou pela área explorada (AE) – que consiste na soma das áreas de lavouras (temporárias, permanentes e cultivo de flores), pastagens (naturais e plantadas), matas (naturais e plantadas) e sistemas agrofloretais (integração lavoura, pecuária e floresta). A escolha de tais variáveis ou indicadores de modernização, conforme os dados apresentados no Quadro 2, foi inspirada nos trabalhos que aparecem no Quadro 1.

Quadro 2 – Variáveis que permitem avaliar a modernização da agropecuária brasileira

var	Descrição
x1	Proporção de pastagens plantadas no total de pastagens
x2	Matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal/AE
x3	Sistemas agroflorestais/AE
x4	Área dos estabelecimentos que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo/AE
x5	Área com plantio direto na palha/AE
x6	Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários/AE
x7	Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários/PO
x8	Número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários/AE
x9	Número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários/PO
x10	Despesas com adubos e corretivos/AE
x11	Despesas com adubos e corretivos/PO
x12	Despesas com sementes e mudas/AE
x13	Despesas com sementes e mudas/PO
x14	Despesas com agrotóxicos/AE
x15	Despesas com agrotóxicos/PO
x16	Despesas com combustíveis e lubrificantes/AE
x17	Despesas com combustíveis e lubrificantes/PO
x18	Despesas totais/AE
x19	Despesas totais/PO
x20	Valor da produção/AE
x21	Valor da produção/PO
x22	Proporção dos estabelecimentos agropecuários que possuem energia elétrica
x23	Proporção dos estabelecimentos agropecuários que receberam orientação técnica
x24	Proporção dos estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento através de programas governamentais de crédito

Notas: AE é a área explorada; PO é o total de pessoas ocupadas. Não se utilizou a proposta de ponderação por número de equivalentes-homem (EH) feita em Hoffmann (1992).

Fonte: Elaboração própria.

A fim de uniformizar os valores monetários entre os anos analisados, todas as variáveis monetárias obtidas no Censo Agropecuário de 2006 (data de referência: dezembro de 2006) foram convertidas em reais com poder de compra em setembro de 2017 (data de referência do Censo Agropecuário de 2017), utilizando-se o índice geral de preços de mercado (IGP-M) da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Diante da dificuldade em analisar separadamente as 24 variáveis associadas ao processo de modernização, optou-se pelo uso da análise fatorial, especificamente, pelo método de componentes principais. Dentre as principais finalidades desse método, pode-se citar a capacidade de reduzir a massa de dados a serem analisados e com a mínima perda de informação possível.

Para que o resultado seja passível de comparação intertemporal, as variáveis foram normalizadas de modo que os dados das 137 mesorregiões de 2006 tivessem pesos iguais aos de 2017. Em seguida, a partir das matrizes X_1 e X_2 – referentes aos anos de 2006 e 2017, respectivamente, cuja ordem de ambas é 137×24 , correspondentes às 137 mesorregiões e aos 24 indicadores de 2006 e 2017 –, pôde-se construir a matriz Y , 274×24 . Esta matriz Y é representada como:

$$Y = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Por meio do software estatístico IBM SPSS Statistics 20, a matriz Y foi submetida à análise fatorial. A fim de verificar a adequabilidade da amostra empregada para esse método, utilizou-se o teste de esfericidade de Bartlett e o teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

O valor obtido para o teste de esfericidade de Bartlett (7148,35) mostrou-se significativo a 1% de probabilidade, o que permite rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação associada a Y é uma matriz identidade (DZIUBAN, SHIRKEY, 1974). Já no teste KMO, o valor obtido foi 0,759, considerado “bom” conforme a classificação apresentada por Hongyu (2018) e Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010). Desse modo, pode-se concluir que a matriz Y é adequada ao procedimento de análise fatorial.

Obtidos os escores fatoriais, utilizaram-se alguns procedimentos da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) a fim de verificar padrões de associação espacial dos escores dos fatores entre as mesorregiões nos dois anos considerados no artigo. Em especial, calculou-se a Estatística I de Moran (ALMEIDA, 2012), utilizando uma matriz de ponderação espacial (W) do tipo rainha¹. A estatística I de Moran pode ser expressa conforme a equação (2):

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \left(\frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \right) \quad (2)$$

Na equação (2), tem-se que n é o número de polígonos (unidades espaciais, igual ao número de mesorregiões); $\sum \sum w_{ij}$ é a soma de todos os elementos ponderadores da matriz para o par de unidades espaciais i e j ; e $(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})$ são os desvios em relação à média, no qual y_i é a variável de interesse (o escore de cada fator a ser analisado). O resultado dessa estatística é um valor entre -1 e $+1$, em que zero indica aleatoriedade da distribuição espacial e valores próximos a $|1|$ indicam autocorrelação espacial

¹ A matriz de contiguidade do tipo rainha foi escolhida por ter apresentado a maior correlação espacial (I de Moran) dentre as matrizes testadas. As matrizes testadas foram do tipo rainha, torre, quatro vizinhos, seis vizinhos e oito vizinhos.

(inversa ou direta). Ou seja, a magnitude da estatística *I* de Moran fornece a força da autocorrelação espacial da variável de interesse (ALMEIDA, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise fatorial e utilizando o método de componentes principais, os 24 indicadores de modernização referentes aos anos de 2006 e 2017 foram agrupados em cinco fatores, cada qual com raiz característica maior do que um, e que apresentam variância acumulada de quase 75%. Tais resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores obtidos e variância explicada (extração da soma dos quadrados)

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator	Variância acumulada
1	9,753	40,64%	40,64%
2	3,330	13,88%	54,52%
3	1,940	8,08%	62,60%
4	1,531	6,38%	68,98%
5	1,419	5,91%	74,89%

Fonte: Elaboração própria.

O método de rotação ortogonal dos fatores tem como finalidade tornar a interpretação mais fácil sem alterar o resultado final de forma significativa. O método de rotação Varimax pressupõe que uma variável se manifesta de forma significativa em apenas um fator, o que permite separá-las em grupos independentes (NEISSE; HONGYU, 2016; HONGYU, 2018). A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais após a rotação Varimax e as comunalidades.

Tabela 2 – Cargas fatoriais e comunalidades dos 24 indicadores de modernização da agropecuária em 137 mesorregiões brasileiras

Variáveis	Carga fatorial					Comunalidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
x1	0,223	-0,072	-0,148	0,034	0,709	0,580
x2	-0,087	-0,184	-0,091	0,069	0,698	0,541
x3	-0,234	-0,354	-0,195	0,063	-0,604	0,586
x4	0,451	0,487	0,409	0,079	0,330	0,723
x5	0,213	0,002	0,633	0,448	0,160	0,673
x6	-0,018	0,613	0,575	0,031	0,103	0,719
x7	0,557	0,399	0,556	-0,017	0,171	0,808
x8	-0,293	0,400	0,674	0,080	-0,133	0,725

(Cont.)

Tabela 2 – Cargas fatoriais e comunalidades dos 24 indicadores de modernização da agropecuária em 137 mesorregiões brasileiras - (CONTINUAÇÃO)

Variáveis	Carga fatorial					Comunalidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
x9	0,348	0,156	0,816	0,087	0,052	0,822
x10	0,377	0,668	0,092	0,239	-0,126	0,670
x11	0,845	0,108	0,061	0,175	-0,032	0,761
x12	0,035	0,354	0,132	0,817	0,029	0,813
x13	0,579	0,027	0,178	0,675	0,128	0,839
x14	0,335	0,439	0,049	0,699	-0,045	0,797
x15	0,793	0,001	0,023	0,378	0,064	0,775
x16	0,218	0,812	0,248	0,069	-0,017	0,773
x17	0,834	0,238	0,169	-0,028	0,115	0,794
x18	0,256	0,872	0,099	0,272	-0,089	0,918
x19	0,934	0,231	0,089	0,101	0,084	0,951
x20	0,064	0,863	0,211	0,189	-0,042	0,831
x21	0,869	0,232	0,213	0,086	0,155	0,885
x22	0,221	0,239	0,590	-0,098	-0,224	0,514
x23	0,375	0,413	0,659	0,043	0,156	0,772
x24	-0,016	0,006	0,797	0,150	-0,211	0,703
% da variância	22,67	18,55	16,99	9,34	7,34	

Fonte: Elaboração própria.

A comunalidade de cada um dos 24 indicadores foi superior ao valor mínimo aceitável de 0,5, conforme proposto, entre outros, por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010). Assim, todos esses indicadores podem ser mantidos na análise.

Na Tabela 2, estão destacadas em negrito as cargas fatoriais acima de 0,6, em valor absoluto, que mais fortemente associam-se com cada fator. Embora a escolha desse valor de referência seja subjetiva, optou-se em seguir os trabalhos de Bodini (2018) e Hoffmann (1992), que também adotaram esse mesmo valor como referência. Adotando-se esse critério, apenas três variáveis (x4, x7 e x22) não alcançam, nos cinco primeiros fatores, carga fatorial acima de 0,6. No entanto, analisam-se essas variáveis dentro dos fatores nos quais elas apresentar a maior carga fatorial (Apêndice 2).

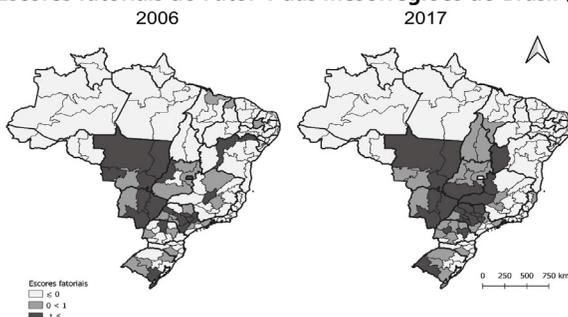
Percebe-se que as variáveis mais fortemente correlacionadas ao Fator 1 são: despesas totais/PO (x19); valor da produção/PO (x21); despesas com adubos e corretivos/PO (x11); despesas com combustíveis e lubrificantes/PO (x17); despesas com agrotóxicos/PO (x15); e número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários/PO (x7) (embora essa última variável tenha apresentado carga fatorial inferior a 0,6). Diante das características de tais variáveis, pode-se denominar o Fator 1 como representando a relação capital/trabalho (K/L).

A Figura 1 apresenta os escores fatoriais do Fator 1, por mesorregião e nos anos de 2006 e 2017. Nas regiões Norte e Nordeste, a relação K/L é, de modo geral, predominantemente baixa (exceto em parte do Matopiba²), enquanto as mesorregiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul apresentam os maiores escores fatoriais referentes à relação capital/trabalho.

É importante destacar na Figura 1 o aumento do escore do Fator 1 em 2017, em relação a seu valor de 2006, no Tocantins, no Sul do Maranhão e no oeste da Bahia, áreas que pertencem ao Matopiba. O avanço das culturas de grãos nessas áreas explica o aumento da relação K/L ressaltada na Figura 1 entre os anos examinados. Esse fenômeno também pode ser explicado com base no exposto em Staduto, Shikida e Bacha (2004), que analisaram a composição da mão de obra agrícola assalariada no Brasil. Esses autores descrevem que, em termos de políticas setoriais para estimular a tecnificação do setor agropecuário, as regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul foram as mais favorecidas vis-à-vis ao Norte e Nordeste, refletindo em crescimento desigual da produtividade da agropecuária nessas regiões.

A estatística *I* de Moran, quanto aos escores do Fator 1, foi de 0,438 para 2006 e de 0,617 em 2017 (Figura 1.C no Apêndice 3). Há, portanto, clara indicação de relação espacial na distribuição desse fator, que se intensificou entre os anos analisados. O *cluster* AA (alto-alto) predomina no Centro-Oeste e na porção oeste do estado de São Paulo. É interessante ressaltar o crescimento do *cluster* AA no Triângulo Mineiro e no norte do Paraná entre 2006 e 2017, demonstrando que a modernização da agropecuária nessas regiões se faz com maior mecanização. Já o *cluster* BB (baixo-baixo) predomina no Acre, Amazonas, Roraima e Pará, em uma grande faixa vizinha a países sul-americanos cobertos pela Floresta Amazônica.

Figura 1 – Escores fatoriais do Fator 1 das mesorregiões do Brasil (2006/2017)



Notas: ≤ 0 : indica que o esc. fatorial do Fator 1 é igual ou inferior a 0 (zero) na mesorregião; $0 < 1$: indica que o esc. fatorial do Fator 1 varia entre 0 (zero) e 1 (um) na mesorregião; $1 \leq$: indica que o esc. fatorial do Fator 1 é igual ou superior a 1 (um) na mesorregião.

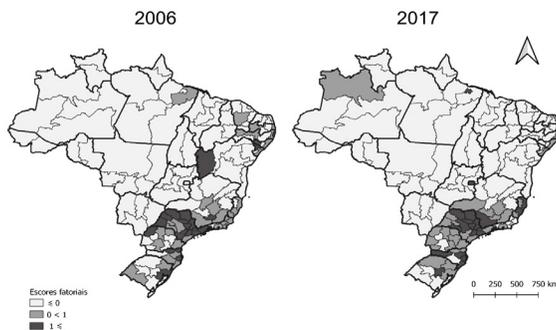
Fonte: Elaboração própria.

² Acrônimo para Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

O conjunto de variáveis que mais se relacionam com o Fator 2 compõe-se de: despesas totais/AE (x18); valor da produção/AE (x20); despesas com combustíveis e lubrificantes/AE (x16); despesas com adubos e corretivos/AE (x10); número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários/AE (x6); e área dos estabelecimentos que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo/AE (x4) (embora essa última variável tenha apresentado carga fatorial inferior a 0,6). Percebe-se que tais variáveis são semelhantes às que compõem o Fator 1, porém divididas pela AE. Logo, o Fator 2 trata-se, portanto, da relação capital/terra (K/T).

A Figura 2 mostra que os maiores escores do Fator 2 encontravam-se, em 2006 e em 2017, nas mesorregiões do Sudeste e Sul do Brasil (com mudanças entre os anos analisados desses escores nas mesorregiões dessas duas regiões). De modo geral, verifica-se que a relação K/T é maior em regiões cujos preços da terra (por hectare) são mais elevados – casos dos estados do Sudeste e Sul do Brasil, como ressaltado por Bacha, Stege e Harbs (2016). Provavelmente, devido ao elevado preço da terra em tais regiões, os produtores procuram usar mais capital a fim de aumentar a produtividade por hectare de terra e poupar esse fator relativamente mais caro.

Figura 2 – Escores fatoriais do Fator 2 nas mesorregiões do Brasil (2006/2017)



Notas: ≤ 0 : indica que o esc. fatorial do Fator 2 é igual ou inferior a 0 (zero) na mesorregião; $0 < 1$: indica que o esc. fatorial do Fator 2 varia entre 0 (zero) e 1 (um) na mesorregião; $1 \leq$: indica que o esc. fatorial do Fator 2 é igual ou superior a 1 (um) na mesorregião.

Fonte: Elaboração própria.

Há associação espacial entre as mesorregiões brasileiras em relação ao Fator 2, pois a estatística de *I* de Moran era de 0,417 em 2006 e de 0,543 em 2017 (Figura 2.C no Apêndice 3). Os *clusters* BB ocorrem no Centro-Oeste, Norte e Nordeste, e os *clusters* AA no Estado de São Paulo e na mesorregião do Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

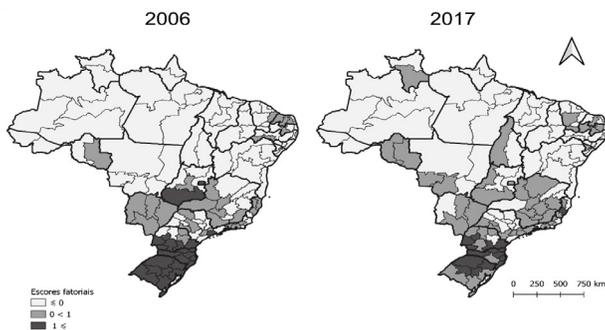
O número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários – que esteve relacionado tanto com o Fator 1 (quando dividido pelo PO) quanto com o Fator 2 (quando dividido pela AE) – teve expansão entre 2006 e 2017. Essa expansão também pode ser avaliada pelo número de implementos e suas dimensões. Entre 2006 e 2017, a frota de tratores aumentou em 50%, e a potência média por hectare (cv/ha) saltou de 1,43 para 1,71. O tipo de

implemento adotado na agropecuária também se diversificou ao longo do tempo, com destaque para o crescimento das máquinas para plantio e adubação. Contudo, apesar desse vigoroso processo de mecanização, a concentração espacial da mecanização pouco se alterou entre os dois últimos Censos Agropecuários (SILVA; BARICELO; VIAN, 2020).

O Fator 3 está vinculado às variáveis número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários/PO (x9); proporção dos estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento através de programas governamentais de crédito (x24); número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários/AE (x8); proporção dos estabelecimentos agropecuários que receberam orientação técnica (x23); área com plantio direto na palha/AE (x5); e proporção dos estabelecimentos agropecuários que possuem energia elétrica (x22) (embora essa última variável tenha apresentado carga fatorial ligeiramente inferior a 0,6). O Fator 3 indica a presença de infraestrutura e intensidade do suporte institucional. Seus escores fatoriais estão apresentados na Figura 3 por mesorregião brasileira nos anos de 2006 e 2017.

O crédito rural é considerado por Santos (1988) como impulsionador da modernização da agropecuária no Brasil, seja porque o crédito de custeio permite a aquisição de muitos insumos não agrícolas a serem usados na propriedade, seja porque o crédito de investimento permite a aquisição de máquinas e instalações para a propriedade. Freitas, Silva e Teixeira (2020) relacionaram o efeito direto do crédito rural com medidas de desempenho produtivo relacionadas ao valor da produção e à eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. A política de crédito rural brasileira é abrangente e apresenta taxas de juros mais favorecidas para os pequenos e médios produtores (ARAÚJO et al., 2020); no entanto, há forte concentração do uso de crédito rural na porção Centro-Sul do Brasil (BACHA, 2018), composta por regiões que detêm a maioria das mesorregiões com altos escores do Fator 3.

Figura 3 – Escores fatoriais do Fator 3 das mesorregiões do Brasil (2006/2017)



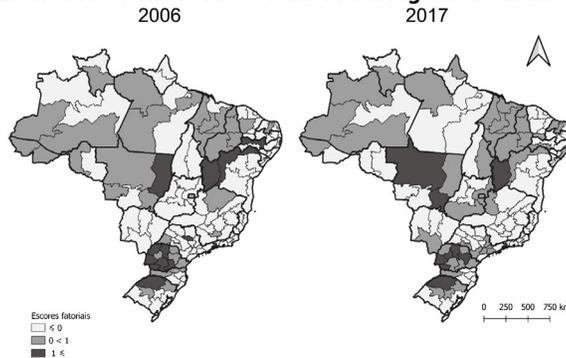
Notas: ≤ 0 : indica que o esc. fatorial do Fator 3 é igual ou inferior a 0 (zero) na mesorregião; $0 < 1$: indica que o esc. fatorial do Fator 3 varia entre 0 (zero) e 1 (um) na mesorregião; $1 \leq$: indica que o esc. fatorial do Fator 3 é igual ou superior a 1 (um) na mesorregião.

Fonte: Elaboração própria.

A estatística *I* de Moran, relacionada ao Fator 3, teve valor de 0,670 para o ano de 2006 e de 0,687 para o ano de 2017 (Figura 3.C no Apêndice 3). Embora o padrão de associação espacial seja relativamente alto em ambos os anos analisados, percebe-se que houve uma pequena desconcentração das mesorregiões com níveis de escores semelhantes, devido à redução dos *clusters* BB no Pará, Tocantins e Bahia. Mas os *clusters* AA estão presentes nos três estados sulinos. O cooperativismo tradicional na região Sul do Brasil contribui para esse resultado, pois as suas cooperativas têm maior participação na orientação técnica dos estabelecimentos agropecuários, diferentemente do que ocorre nos estados do Nordeste e do Norte, nos quais o movimento cooperativista ainda é fraco ou incipiente (PEIXOTO, 2020).

O Fator 4 é determinado fortemente pelas despesas com sementes e mudas divididas pela área explorada (x12) ou pelo pessoal ocupado (x13) e pelas despesas com agrotóxicos/AE (x14). Trata-se de insumos essenciais em lavouras cultivadas em monocultura de grãos (em especial), podendo-se ser denominado de intensidade do uso de insumos nas lavouras. A Figura 4 apresenta os escores fatoriais desse fator em 2006 e 2017 para as 137 mesorregiões do Brasil.

Figura 4 – Escores fatoriais do Fator 4 das mesorregiões do Brasil (2006/2017)



Notas: ≤ 0 indica que o esc. fatorial do Fator 4 é igual ou inferior a 0 (zero) na mesorregião; $0 < 1$: indica que o esc. fatorial do Fator 4 varia entre 0 (zero) e 1 (um) na mesorregião; $1 \leq$: indica que o esc. fatorial do Fator 4 é igual ou superior a 1 (um) na mesorregião.

Fonte: Elaboração própria.

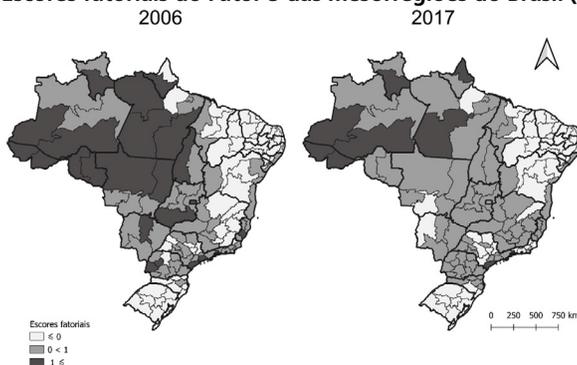
O Fator 4 apresenta altos escores nas áreas de grande expansão das culturas de soja e milho no século XXI, destacando-se a região do Matopiba e as suas regiões tradicionais de produção no cerrado do Centro-Oeste e no Sul

Reyna, Braga e Moraes (2020) apontam que os produtores que fizeram uso intensivo de agrotóxicos foram mais eficientes em 17,5 p.p., em média, do que os que fizeram uso menos intensivo desses insumos. Nesse quesito, as regiões que mais se destacaram foram Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Os autores ainda relacionam a eficiência do uso desse insumo com o acesso à orientação técnica e associação a cooperativas, evitando, assim, o seu uso inadequado.

A estatística *I* de Moran, relacionada ao Fator 4, foi de 0,104 em 2006 e de 0,375 em 2017 (Figura 4.C no Apêndice 3). Isso indica que ao longo do tempo houve aumento da concentração espacial das variáveis que compõem o Fator 4. Um destaque no *cluster* AA é o seu aumento, de 2006 a 2017, na porção centro-oeste do Paraná e em certas porções do Mato-piba.

O Fator 5 está relacionado com a proporção de pastagens plantadas no total de pastagens (x1); com matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal/AE (x2); e com proporção de sistemas agroflorestais nos estabelecimentos agropecuários (x3), de modo que se pode dizer que o Fator 5 se refere ao *uso sustentável da terra*. A Figura 5 apresenta os escores fatoriais relacionados ao Fator 5 para as mesorregiões do Brasil, em 2006 e 2017. Esses escores mostram uma perda significativa de sua importância, no período analisado, no chamado Arco do Desmatamento, em que também há expressiva expansão das culturas de grãos.

Figura 5 – Escores fatoriais do Fator 5 das mesorregiões do Brasil (2006/2017)



Notas: ≤ 0 : indica que o esc. fatorial do Fator 5 é igual ou inferior a 0 (zero) na mesorregião; $0 < 1$: indica que o esc. fatorial do Fator 5 varia entre 0 (zero) e 1 (um) na mesorregião; $1 \leq$: indica que o esc. fatorial do Fator 5 é igual ou superior a 1 (um) na mesorregião.

Fonte: Elaboração própria.

A estatística *I* de Moran, relacionada ao Fator 5, foi de 0,711 em 2006 e de 0,701 em 2017 (Figura 5.C no Apêndice 3). Tais valores indicam a presença de alta associação espacial do valor desse fator entre as mesorregiões brasileiras, embora tenha sofrido uma pequena redução ao longo do tempo. Os *clusters* AA reduziram-se nos estados Centro-Oeste e desapareceram do Triângulo Mineiro, da mesorregião situada ao oeste do Paraná e da porção ocidental do Tocantins entre 2006 e 2017, indicando os efeitos da expansão de soja em substituir pastagens e de, indiretamente, causar o desmatamento, na medida em que novas áreas de pastagens são abertas em áreas outrora ocupadas com florestas naturais.

Esse fenômeno também pode ser verificado na pesquisa de Domingues e Bermann (2012), que analisam o avanço da cultura da soja no norte do estado de

Mato Grosso, no período entre 1984 e 2009, por meio da interpretação de imagens de satélite e sua relação com o desmatamento da Floresta Amazônica. Os autores constataram que o desmatamento da floresta foi fortemente promovido pelo avanço da atividade pecuária, e os solos descampados e erodidos do pasto têm sido usados para a cultura de soja. Ou seja, na área analisada, a sojicultura estabelece-se em áreas antes degradadas pelo gado, e não diretamente sobre as áreas de floresta desmatada.

CONCLUSÃO

Este trabalho considerou 24 variáveis que captam os fenômenos da modernização da agropecuária brasileira nos anos de 2006 e 2017, fazendo uso da análise fatorial. Essas variáveis foram agrupadas em cinco fatores que ajudam a entender esse processo. O Fator 1 é chamado de relação capital/trabalho, o Fator 2 é a relação capital/terra, o Fator 3 mensura a presença de infraestrutura e intensidade do suporte institucional, o Fator 4 mede a intensidade do uso de insumos nas lavouras e o Fator 5 refere-se ao uso sustentável da terra. O indicador de autocorrelação espacial, *I* de Moran, indica que os escores de tais fatores possuem, de modo geral, um padrão alto de associação espacial entre as mesorregiões do Brasil.

Embora algumas concentrações (polos) tenham sido verificadas na disposição espacial dos escores fatoriais, não há distribuição igual desses cinco fatores nas mesorregiões do Brasil em 2006 e nem em 2017, sendo suas evoluções distintas entre esses dois anos nas mesorregiões do Brasil. Mas, de modo geral, constata-se que as áreas com Cerrado do Centro-Oeste, São Paulo, Minas Gerais e Matopiba apresentam forte modernização associada aos Fatores 1 e 4. Os estados do Sul do Brasil aumentaram sua modernização incrementando fortemente o Fator 2, ou seja, ampliando o uso de capital por hectare de terra devido ao alto preço dessa última. Tal dinâmica também se associa, claramente, com a distribuição no espaço dos efeitos de políticas agrícolas (como a de crédito rural), a disponibilidade de novas terras para a expansão agropecuária (caso do Matopiba) e a orientação de parte expressiva da produção ao mercado externo.

O Brasil é um país com diversidade edafoclimática e vasta extensão territorial, características que permitem a condução de diferentes tipos de atividades agropecuárias. No entanto, as informações acima mostram que a modernização continuou a ocorrer de forma heterogênea no país nas duas primeiras décadas do século XXI.

Estudos anteriores acerca da modernização se assemelham em relação a este quando ressaltam os fatores relação capital/trabalho e relação capital/terra (chamados no artigo de Fatores 1 e 2, respectivamente), mas este estudo adiciona outras variáveis não tratadas anteriormente e ressalta o padrão de associação espacial (entre as mesorregiões do Brasil) entre os escores dos fatores que explicam a modernização da agropecuária. É possível

diagnosticar, em certas partes do Brasil, que um valor alto (ou baixo) de um escore fatorial em uma mesorregião se associa com um valor alto (ou baixo) do mesmo escore fatorial em sua mesorregião vizinha. Isso sugere que ocorre o efeito de transbordamento da modernização, o qual poderá ser estudado com mais detalhes em outros trabalhos e envolvendo o uso de outros instrumentos de análise propostos pela Nova Geografia Econômica (NGE).

REFERÊNCIAS

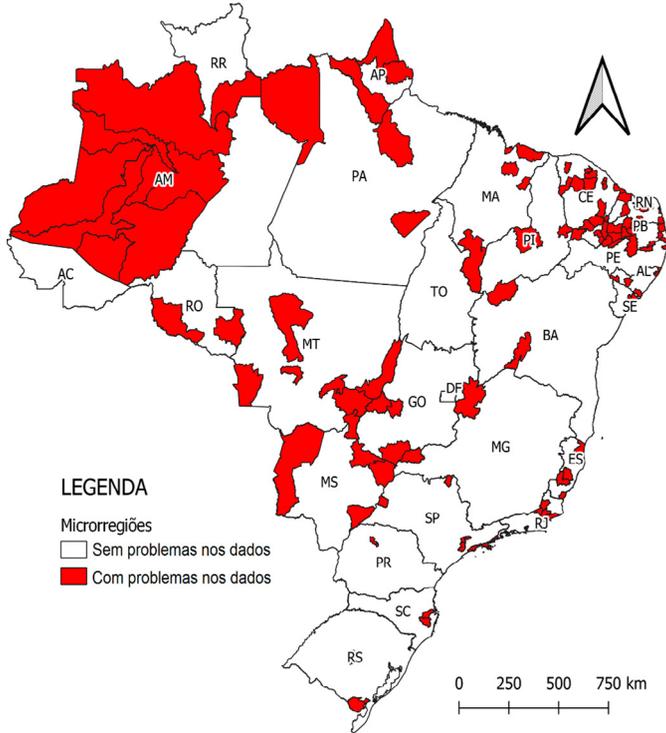
- ALMEIDA, E. *Econometria espacial aplicada*. Campinas: Alínea, 2012.
- ALVES, E. R. A.; PASTORE, A. C. Import substitution and implicit taxation of agriculture in Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 60, n. 5, p. 18-37, 1978.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade na agricultura. *Revista de Política Agrícola*, v. 21, n. 2, p. 45-63, 2012.
- ARAÚJO, W. V. *et al.* Crédito rural: Política e desempenho. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do censo agropecuário*. Brasília: IPEA, 2020. p. 267-280.
- BACHA, C. J. C.; STEGE, A. L.; HARBS, R. Ciclos de preços de terras agrícolas no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, v. 25, n. 4, p. 18-37, 2016.
- BACHA, C. J. C. *Economia e política agrícola no Brasil*. Campinas: Átomo, 2018.
- BODINI, V. L. Análise estrutural prospectiva e a estatística multivariada: Aplicação na análise de contratos agroindustriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. *Anais [...]*. São José dos Campos: Abepro, 2018.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Pobreza rural e desenvolvimento do semiárido nordestino: Resistência, reprodução e transformação. In: BUAINAIN, A. M.; DEDECCA, C. (Orgs.). *A nova cara da pobreza rural: Desenvolvimento e a questão regional*. Brasília: IICA, 2013. (Série Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 17).
- BUAINAIN, A. M. *et al.* (Orgs.). *O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola*. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Evolução recente do agronegócio no Cerrado Nordeste. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 23, n. 1, p. 166-195, 2015.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A economia agropecuária do Matopiba. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 26, n. 2, p. 376-401, 2018.
- DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: Da pecuária à soja. *Ambiente e Sociedade*, v. 15, n. 2, p. 1-22, 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200002>.
- DZIUBAN, C. D.; SHIRKEY, E. S. When is a correlation matrix appropriate for factor analysis? Some decision rules. *Psychological Bulletin*, v. 81, n. 6, p. 358-361, 1974. DOI <https://doi.org/10.1037/h0036316>.

- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. *FAOSTAT*. Countries by commodity. Roma: FAO, 2020. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports. Acesso em: 1 dez. 2020.
- FERREIRA JÚNIOR, S.; 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, 2004.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: Uma introdução à análise fatorial. *Opinião Pública*, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>.
- FREITAS, C. A.; PAZ, M. V.; NICOLA, D. S. Analisando a modernização da agropecuária gaúcha: Uma aplicação de análise fatorial e cluster. *Análise Econômica*, v. 25, n. 47, p. 121-149, 2007.
- FREITAS, C. O.; SILVA, F. A.; TEIXEIRA, E. C. Crédito rural e desempenho produtivo na agropecuária brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.) *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do censo agropecuário*. Brasília, DF: IPEA, 2020. p. 281-294.
- FUGLIE, K. *et al. Harvesting prosperity: Technology and productivity growth in agriculture*. Washington, DC: The World Bank, 2020.
- GASQUES, J. G. *et al.* Total factor productivity in Brazilian agriculture. In: FUGLIE, K. O.; WANGS, S. L.; BALL, V. E. *Productivity growth in agriculture: An international perspective*. Wallingford: CAB International, 2012. p. 145-161.
- GASQUES, J. G. *et al.* Produtividade da agricultura brasileira: A hipótese da desaceleração. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.) *Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade*. Brasília: IPEA, 2016. p. 143-164.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: GEN-Atlas, 2022.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. *Desenvolvimento agrícola: Teoria e experiências internacionais*. Brasília, DF: Embrapa, 1988.
- HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992.
- HONGYU, K. Análise fatorial exploratória: Resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, v. 7, n. 4, p. 88-103, 2018. DOI 10.18607/ES201877599.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/>. Acesso em: 3 nov. 2020.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Agrostat – Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro*. Exportação Importação. Brasília, DF: MAPA Indicadores, 2020. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- MESQUITA, O. V.; GUSMÃO, R. P.; SILVA, S. T. Modernização da agricultura brasileira. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 39, n. 4, p. 3-65, 1977.
- MEYER, L. F. F.; BRAGA, M. J. O crescimento das desigualdades tecnológicas na agricultura mineira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 36, n. 2, p. 59-90, 1998.

- NEISSE, A. C.; HONGYU, K. Aplicação de componentes principais e análise fatorial a dados criminais de 26 estados dos EUA. *Engineering and Science*, v. 2, n. 5, p. 105-115, 2016. DOI 10.18607/ES20165064.
- PASTORE, A. C.; ALVES, E. R. A.; RIZZIERI, J. A. B. Inovação induzida e os limites na modernização na agricultura brasileira. *Revista de Economia Rural*, v. 14, n. 1, p. 303-333, 1974.
- PEIXOTO, M. Assistência técnica e extensão rural: Grandes deficiências ainda persistem. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do censo agropecuário*. Brasília, DF: IPEA, 2020. p. 323-340.
- REYNA, E. F.; BRAGA, M. J.; MORAIS, G. A. S. Impactos do uso de agrotóxicos sobre a eficiência técnica na agricultura brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do censo agropecuário*. Brasília, DF: IPEA, 2020. p. 173-190.
- SANTOS, R. F. O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 26, n. 4, p. 393-404, 1988.
- SCHULTZ, T. W. *The economic organization of agriculture*. New York: McGraw-Hill, 1953.
- SILVA, J.; KAGEYAMA, A. 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, 1983.
- SILVA, R. P.; VIAN, C. E. F. Determinantes da modernização agropecuária em 4.535 municípios brasileiros em 2006. In: CONGRESSO DA APDEA, 9., ENCONTRO LUSÓFONO EM ECONOMIA, SOCIOLOGIA, AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL, 3., 2019, Lisboa, Oeiras. *Atas do IX Congresso da APDEA/ESADR*. Coimbra: APDEA, 2019. p. 2723-2742.
- SILVA, R. P.; BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. F. Evolução, composição e distribuição regional do estoque de tratores e máquinas agrícolas no Brasil. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do censo agropecuário*. Brasília, DF: IPEA, 2020. p. 149-160.
- SOUZA, P. M.; LIMA, J. E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas suas unidades da Federação. *Revista Brasileira de Economia*, v. 57, n. 4, 2003.
- SOUZA, R. F.; KHAN, A. S. Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 39, n. 2, p. 81-104, 2001.
- STADUTO, J. A. R.; SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Alteração na composição da mão-de-obra assalariada na agropecuária brasileira. *Agricultura em São Paulo*, v. 51, n. 2, p. 57-70, 2004.
- VIAN, C. E. F. *et al.* Evolução recente da estrutura produtiva e tecnológica da agropecuária brasileira. In: ALVES, L. R. A.; BACHA, C. J. C. (Orgs.). *Panorama da agricultura brasileira: Estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos*. Campinas: Alínea, 2018.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: O paradoxo de Prebisch. *Revista Economia e Sociedade*, v. 25, n. 3, p. 599-629, 2016.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. *Agricultura e indústria no Brasil: Inovação e competitividade*. Brasília, DF: IPEA, 2017.

APÊNDICE 1

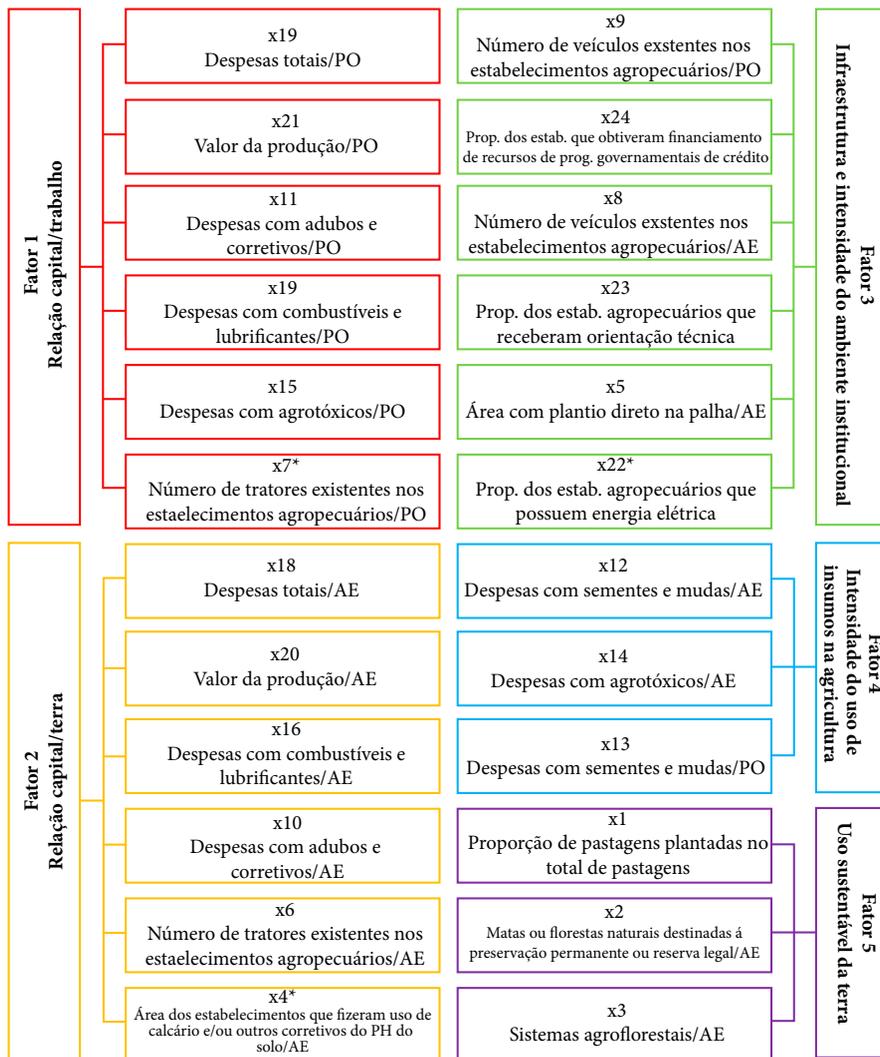
Figura 1.A – Distribuição das microrregiões segundo a presença ou ausência dos dados referentes às variáveis usadas na análise fatorial



Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE 2

Figura 1.B – Sistematização das variáveis conforme os cinco fatores que determinam as dimensões de modernização da agropecuária brasileira entre 2006 e 2017

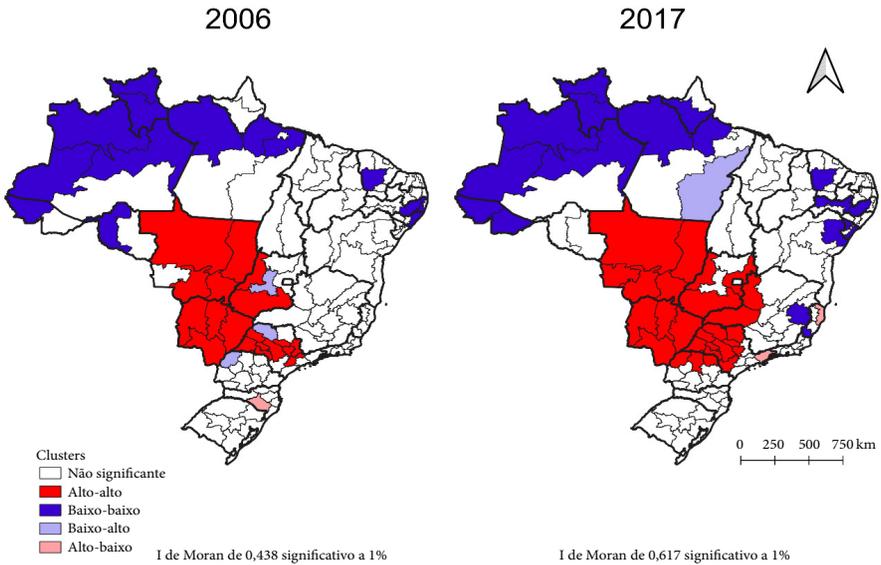


Nota: (*) Embora a variável tenha apresentado maior carga fatorial para o determinado fator, este valor foi inferior a 0,6.

Fonte: Elaboração própria.

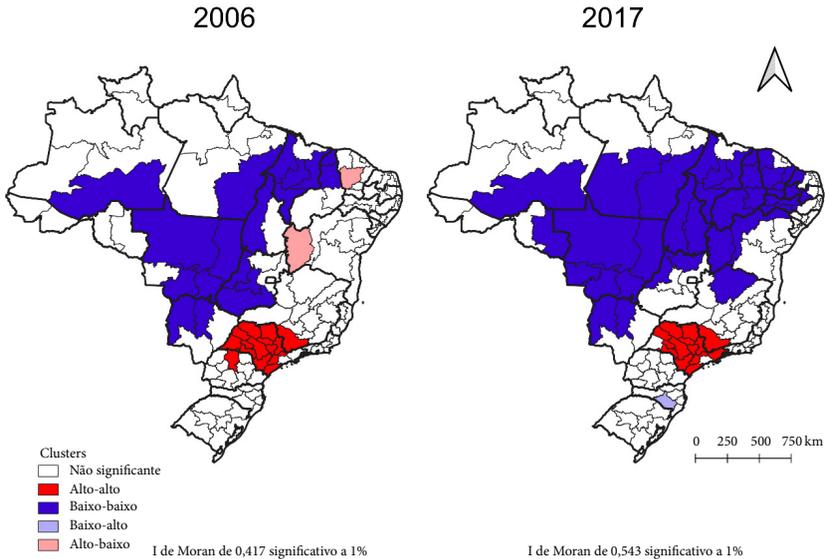
APÊNDICE 3

Figura 1.C – Distribuição dos clusters referentes ao Fator 1 nos anos de 2006 e 2017



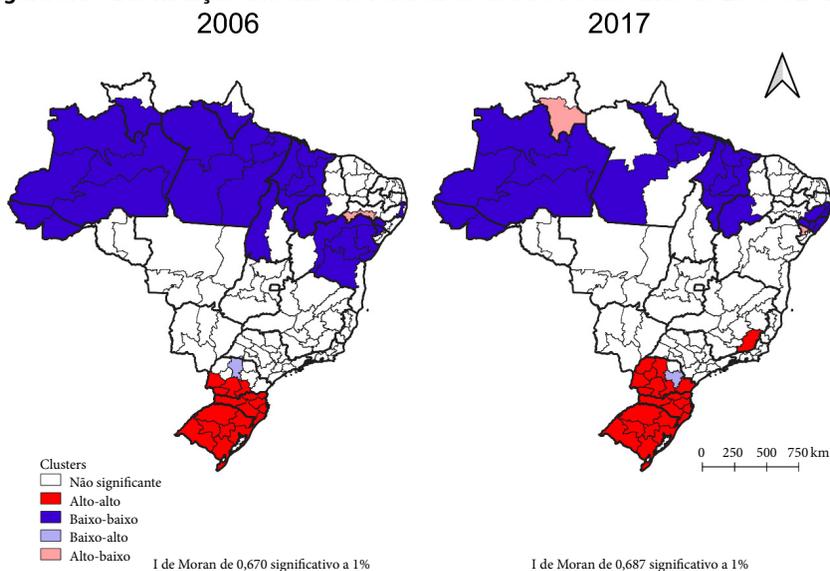
Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.C – Distribuição dos clusters referentes ao Fator 2 nos anos de 2006 e 2017



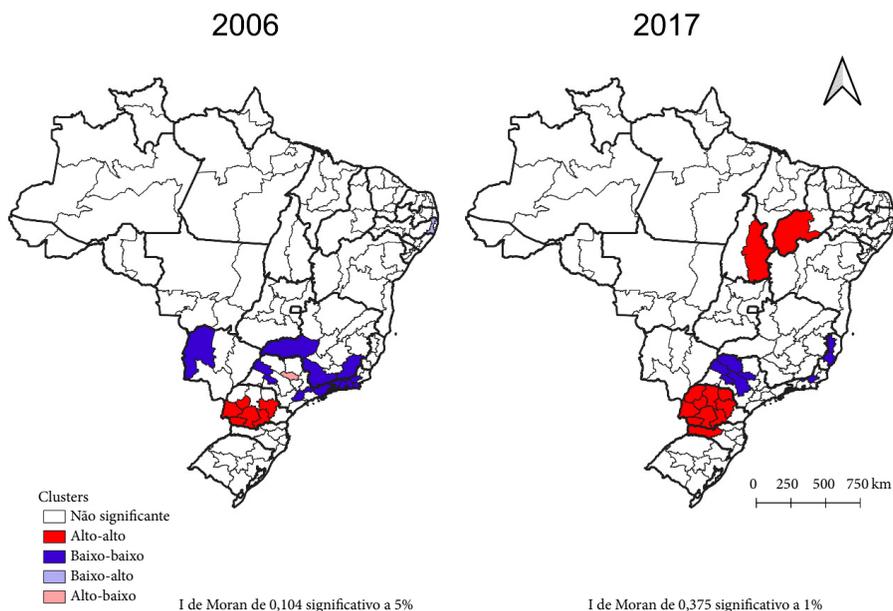
Fonte: Elaboração própria.

Figura 3.C – Distribuição dos clusters referentes ao Fator 3 nos anos de 2006 e 2017



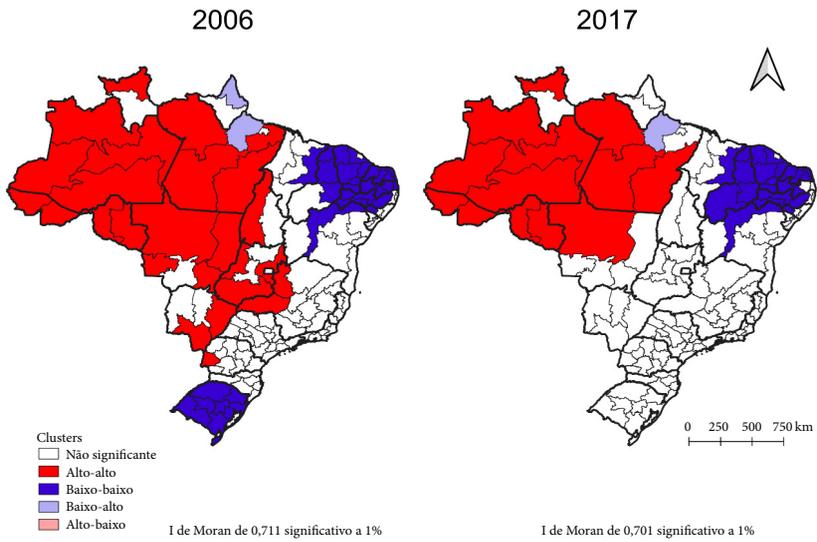
Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.C – Distribuição dos clusters referentes ao Fator 4 nos anos de 2006 e 2017



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.C – Distribuição dos clusters referentes ao Fator 5 nos anos de 2006 e 2017



Fonte: Elaboração própria.