

FATORES DA MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL**FACTORS OF AGRICULTURAL MODERNIZATION IN THE MUNICIPALITIES OF SOUTHERN BRAZIL****FACTORES DE LA MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS MUNICIPIOS DE LA REGIÓN SUR DE BRASIL**

10.56238/revgeov16n5-215

Dienifer Krüger

Mestranda em Agronegócios

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

E-mail: dieniferkruger1702@gmail.comOrcid: <https://orcid.org/0009-0009-6161-5379>Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9120170143453813>**Nelson Guilherme Machado Pinto**

Doutor em Administração

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

E-mail: nelson.pinto@ufsm.brOrcid: <https://orcid.org/0000-0003-1105-2271>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5647891554789516>**Jéssica de Lima da Vida Pellenz**

Doutora em Economia Aplicada

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

E-mail: jessica.pellenz@ufsm.brOrcid: <https://orcid.org/0000-0001-7091-0964>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2707419724049842>**RESUMO**

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira passou por profundas transformações, impulsionadas pela adoção de tecnologias, mecanização e reestruturações produtivas, consolidando o país como uma potência agropecuária. A região Sul do Brasil tem se destacado nesse processo, acompanhando de forma expressiva os avanços da modernização agrícola. Neste contexto, o presente estudo investiga os fatores associados à modernização agrícola nos municípios da região Sul do Brasil, com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017. Por meio da aplicação da Análise Fatorial, foram identificados cinco fatores que representam as principais dimensões da modernização. A partir desses resultados, foi construído o Índice de Modernização Agrícola (IMA), o que possibilitou a comparação entre os municípios quanto ao grau de modernização. Os achados revelam um padrão espacial heterogêneo na região, com áreas de alto desempenho convivendo com municípios que ainda enfrentam baixos níveis de modernização agrícola.



Palavras-chave: Análise Fatorial. Censo Agropecuário. Índice de Modernização Agrícola. Modernização Agrícola. Região Sul do Brasil.

ABSTRACT

In recent decades, Brazilian agriculture has undergone profound transformations driven by the adoption of technologies, mechanization, and productive restructuring, consolidating the country as an agricultural powerhouse. The Southern region of Brazil has stood out in this process, closely accompanying the advances in agricultural modernization. In this context, the present study investigates the factors associated with agricultural modernization in the municipalities of Southern Brazil, based on data from the 2017 Agricultural Census. Through the application of Factor Analysis, five factors were identified, representing the main dimensions of modernization. Based on these results, the Agricultural Modernization Index (AMI) was constructed, enabling the comparison of municipalities in terms of their level of modernization. The findings reveal a heterogeneous spatial pattern in the region, with high-performing areas coexisting alongside municipalities that still face low levels of agricultural modernization.

Keywords: Factor Analysis. Agricultural Census. Agricultural Modernization Index. Agricultural Modernization. Southern Brazil.

RESUMEN

En las últimas décadas, la agricultura brasileña ha experimentado profundas transformaciones impulsadas por la adopción de tecnologías, la mecanización y las reestructuraciones productivas, lo que ha consolidado al país como una potencia agropecuaria. La región Sur de Brasil se ha destacado en este proceso, acompañando de manera significativa los avances de la modernización agrícola. En este contexto, el presente estudio investiga los factores asociados a la modernización agrícola en los municipios de la región Sur de Brasil, a partir de los datos del Censo Agropecuario de 2017. Mediante la aplicación del Análisis Factorial, se identificaron cinco factores que representan las principales dimensiones de la modernización. A partir de estos resultados, se construyó el Índice de Modernización Agrícola (IMA), lo que permitió comparar los municipios según su grado de modernización. Los hallazgos revelan un patrón espacial heterogéneo en la región, con áreas de alto desempeño que conviven con municipios que aún enfrentan bajos niveles de modernización agrícola.

Palabras clave: Análisis Factorial. Censo Agropecuario. Índice de Modernización Agrícola. Modernización Agrícola. Región Sur de Brasil.



1 INTRODUÇÃO

O Brasil é historicamente caracterizado por uma forte tradição agropecuária. Ao longo do tempo, a produção agrícola nacional cresceu de forma significativa, consolidando o país como um dos principais produtores do setor e transformando-o em um importante *player* global na produção de bens agrícolas (Rocha *et al.*, 2019). Ao longo das últimas décadas, o setor agrícola brasileiro passou por intensas transformações, acompanhando um processo contínuo de modernização que impactou diretamente aspectos como o uso da terra, as práticas produtivas, a estrutura fundiária, a mecanização, o perfil da mão de obra e a gestão das propriedades rurais, entre outros (Pereira *et al.*, 2012). Esse processo de modernização foi fundamental para posicionar o Brasil como uma potência agrícola global (Hopewell, 2016), manifestando-se de maneira particularmente expressiva na região Sul do país (Rossoni *et al.*, 2021).

Durante grande parte do século XX, a agricultura no Sul do Brasil era predominantemente baseada em práticas tradicionais, voltadas à subsistência familiar. Contudo, a partir da segunda metade do século, houve uma mudança significativa no padrão produtivo, impulsionada, sobretudo, pela Revolução Verde, um movimento global que introduziu novos produtos e novas práticas na agricultura (Rocha *et al.*, 2019)

Essas transformações foram intensificadas pela atuação do Estado, que desempenhou papel fundamental por meio de políticas públicas, crédito rural, assistência técnica e extensão rural, promovendo o acesso dos produtores às inovações tecnológicas (Pereira *et al.*, 2012). Destaca-se, nesse contexto, a criação da Embrapa, que, em conjunto com centros de pesquisa universitários e iniciativas privadas, contribuiu para adaptar e aplicar tecnologias agrícolas à realidade brasileira (Rocha *et al.*, 2019).

Diante desse cenário, torna-se relevante compreender os principais fatores que explicam a modernização agrícola, considerando uma diversidade territorial e as distintas dinâmicas produtivas. Assim, o objetivo deste estudo é identificar os fatores associados à modernização agrícola nos municípios da região Sul do Brasil, por meio da aplicação da Análise Fatorial a dados do Censo Agropecuário de 2017, bem como construir um Índice de Modernização Agrícola (IMA) para mensurar o grau de modernização agrícola de cada município.

2 METODOLOGIA

Para a condução deste estudo, serão utilizados dois métodos estatísticos principais: o Teste de Normalidade e a Análise Fatorial. Ambos são aplicados às 20 variáveis construídas a partir dos dados do Censo Agropecuário de 2017, que expressam diferentes dimensões da modernização agrícola nos municípios da região Sul do Brasil. Além disso, será elaborado o Índice de Modernização Agrícola (IMA), um indicador destinado a mensurar o grau de modernização agrícola dos municípios da região



Sul do Brasil, permitindo a comparação entre eles e a identificação de padrões espaciais de desenvolvimento agrícola.

Na sequência, são apresentados os procedimentos de seleção e tratamento das variáveis, os testes estatísticos aplicados, as etapas da análise fatorial, incluindo a interpretação dos componentes extraídos, e o método utilizado para o cálculo do IMA.

2.1 DADOS E VARIÁVEIS

Os dados utilizados neste estudo foram extraídos do Censo Agropecuário de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Consideram-se dados para os 1191 municípios que integram os três estados da região Sul. As variáveis selecionadas foram baseadas no trabalho de Gelatti *et al.* (2020), conforme práticas adotadas por diversos autores que aplicaram a Análise Fatorial, como Hoffmann (1992), Lavorato e Fernandes (2016), Gelatti *et al.* (2020), entre outros. As variáveis originais foram padronizadas, dividindo-se cada uma delas pela área explorada (AE) e pelo pessoal ocupado (PO). Neste contexto, o pessoal ocupado corresponde ao número de pessoas empregadas nos estabelecimentos agropecuários, enquanto a área explorada refere-se à área total dos estabelecimentos agropecuários (em hectares), abrangendo lavouras permanentes, lavouras temporárias, pecuária e criação de outros animais, florestas plantadas e florestas nativas.

A partir do processo de padronização descrito anteriormente, foram obtidas 20 variáveis relativas aos municípios da região Sul do Brasil, que estão resumidas no Quadro 1 a seguir.



Quadro 1 – Descrição das variáveis

Variável	Descrição
X1	Número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento (unidades) por área explorada (AE)
X2	Número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento (unidades) por pessoal ocupado (PO)
X3	Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários (unidades) por AE
X4	Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários (unidades) por PO
X5	Número de colheitadeiras existentes nos estabelecimentos agropecuários (unidades) por AE
X6	Número de colheitadeiras existentes nos estabelecimentos agropecuários (unidades) por PO
X7	Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (unidades) por AE
X8	Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (unidades) por PO
X9	Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram agrotóxicos (unidades) por AE
X10	Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram agrotóxicos (unidades) por PO
X11	Número de estabelecimentos agropecuários que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo (unidades) por AE
X12	Número de estabelecimentos agropecuários que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo (unidades) por PO
X13	Número de estabelecimentos agropecuários que receberam orientação técnica (unidades) por AE
X14	Número de estabelecimentos agropecuários que receberam orientação técnica (unidades) por PO
X15	Valor das despesas com adubos e corretivos (mil reais) por AE
X16	Valor das despesas com adubos e corretivos (mil reais) por PO
X17	Valor das despesas com sementes e mudas (mil reais) por AE
X18	Valor das despesas com sementes e mudas (mil reais) por PO
X19	Valor das despesas com agrotóxicos (mil reais) por AE
X20	Valor das despesas com agrotóxicos (mil reais) por PO

Fonte: Autores.

Essas variáveis foram selecionadas por refletirem diferentes aspectos da modernização agrícola, como mecanização, uso de insumos, financiamento, assistência técnica e tecnologias de produção.

A transformação das variáveis em razão da área explorada (AE) e do pessoal ocupado (PO)



busca permitir a comparação entre municípios com diferentes dimensões e estruturas produtivas. A padronização por AE reflete a intensidade do uso de insumos, tecnologias e práticas por hectare efetivamente utilizado, enquanto a razão por PO indica a relação desses elementos com a força de trabalho disponível. Dessa forma, eliminam-se distorções causadas pelo porte dos municípios, permitindo uma análise mais precisa da modernização agrícola em termos relativos.

2.2 TESTE DE NORMALIDADE

Inicialmente, realiza-se a verificação da normalidade dos dados, pressuposto essencial para a aplicação de técnicas multivariadas. Segundo Hair *et al.* (2009), a normalidade diz respeito à forma da distribuição dos dados para cada variável e à sua correspondência com a distribuição normal, que é tomada como referência para diversos métodos estatísticos. Para isso, foram utilizados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, com o objetivo de avaliar se as variáveis apresentam distribuição adequada.

Segundo Fávero e Belfiore (2017), o teste de Kolmogorov-Smirnov verifica se uma amostra segue uma distribuição teórica, no caso, a normal. Ele compara as distribuições acumuladas observada e esperada, sendo sua estatística a maior diferença absoluta entre elas. As hipóteses de teste são: H_0 , a amostra segue distribuição normal e H_1 , não segue. A estatística D é dada pela Equação 1, e é comparada a um valor crítico para decidir sobre a rejeição de H_0 .

$$D_{calc} = \max \{ |F_{esp}(X_i) - F_{obs}(X_i)| ; |F_{esp}(X_i) - F_{obs}(X_{i-1})| \},$$

para $i = 1, \dots, n$.

(1)

Já o teste de Shapiro-Wilk, conforme Fávero e Belfiore (2017), é utilizado para verificar a normalidade dos dados e é especialmente recomendado para amostras pequenas, com tamanho entre 4 e 2.000 observações. Trata-se de uma alternativa mais robusta ao teste de Kolmogorov-Smirnov. Assim como outros testes de normalidade, assume como hipótese nula que a amostra é proveniente de uma população com distribuição normal, contra a hipótese alternativa de que essa condição não é atendida.

A estatística de teste é definida como:

$$W_{calc} = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \text{ para } i = 1, \dots, n.$$
(2)

$$b = \sum_{i=1}^{n/2} a_{i,n} \cdot (X_{(n-i+1)} - X_{(i)})$$
(3)



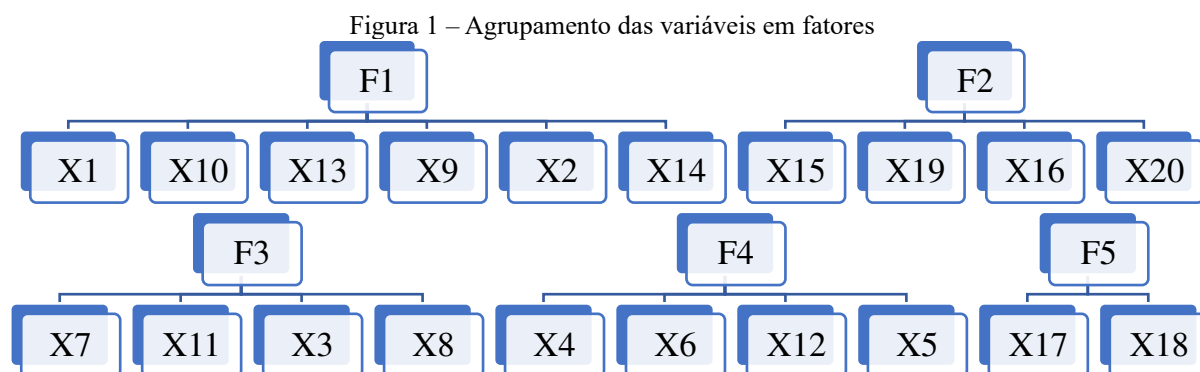
A hipótese nula é rejeitada se W_{calc} for inferior ao valor crítico ou se o *valor-p* for menor ou igual ao nível de significância adotado. Assim, caso rejeite-se a hipótese nula, se assume que os dados apresentam distribuição não-normal.

2.3 ANÁLISE FATORIAL

Verificada a suposição da normalidade, será aplicada a Análise Fatorial, técnica utilizada para identificar relações ou padrões comuns entre as variáveis analisadas. De acordo com Hair *et al.* (2009), trata-se de um método de interdependência que permite analisar as correlações existentes entre um grande número de variáveis, agrupando-as em fatores que representam dimensões comuns. Esses fatores sintetizam conjuntos de variáveis altamente correlacionadas entre si, o que ajuda a reduzir a complexidade dos dados.

A Análise Fatorial foi adotada neste estudo com o propósito de identificar os principais componentes que explicam a modernização agrícola nos municípios da região Sul do Brasil. Conforme definido por Corrar *et al.* (2007), “a Análise Fatorial (AF) é uma técnica estatística que busca, através da avaliação de um conjunto de variáveis, a identificação de dimensões de variabilidade comuns existentes em um conjunto de fenômenos.” Nesse contexto, a AF visa descrever o comportamento de um grande número de variáveis relacionadas ao processo de modernização agrícola — como uso de máquinas, gastos com insumos, infraestrutura e assistência técnica — por meio de um número reduzido de fatores não correlacionados entre si.

De acordo com Mingoti (2005) e Corrar *et al.* (2007), cada fator pode ser interpretado como a resultante de relações lineares entre variáveis observadas e, por esse motivo, é capaz de explicar parte significativa da variabilidade presente nos dados. O princípio fundamental da análise fatorial, portanto, consiste em reduzir a dimensionalidade do modelo, representando um conjunto extenso de variáveis por meio de poucos fatores latentes. A relação entre esses fatores e as variáveis observadas é ilustrada na Figura 1.



Fonte: Elaborado pelos autores.



Dessa forma, segundo Mingoti (2005) e Corrar *et al.* (2007), as variações observadas em uma variável relacionada à modernização agrícola podem ser explicadas por um conjunto de fatores comuns, acrescido de um termo de erro, o qual representa a parcela da variação que é específica da variável e não pode ser explicada pelos fatores. Desse modo, o modelo de Análise Fatorial estabelece uma relação linear entre as variáveis observadas (como, por exemplo, o número de tratores e implementos agrícola, uso de insumos ou acesso a assistência técnica) e os fatores latentes que representam dimensões subjacentes da modernização agrícola, conforme a seguinte estrutura geral:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ij}F_j + \varepsilon_i \quad (4)$$

Em que as variáveis observadas são denotadas por X_i , as cargas fatoriais por a_i , os fatores comuns não correlacionados entre si por F_i , e o termo de erro específico por ε_i . Segundo Mingoti (2005) e Corrar *et al.* (2009), as variações de uma variável podem ser explicadas pelos fatores comuns acrescidos de um termo de erro, que representa a parcela da variação exclusiva da variável. Isso ocorre porque a Análise Fatorial parte da concepção de que a variabilidade total de cada variável pode ser decomposta em dois componentes: a comunalidade, que corresponde à parte da variância explicada pelos fatores comuns; e a unicidade, que representa a variância própria da variável, ou seja, a parte que não se correlaciona com os demais fatores.

Partindo dessa fundamentação teórica, a análise fatorial foi elaborada pelo método dos componentes principais. Conforme Mingoti (2005) e Corrar *et al.* (2007), esse método estima os fatores com base na variância total dos dados, ou seja, busca-se uma combinação linear entre as variáveis que maximize a explicação da variância amostral. Após a extração do primeiro fator, que concentra o maior percentual da variância total, remove-se essa variação explicada e procede-se à extração de um segundo fator, responsável por explicar a maior parcela da variância remanescente, e assim sucessivamente. Esse processo gera fatores não correlacionados entre si, ou seja, ortogonais, o que assegura independência estatística entre os componentes.

Para facilitar e melhorar a interpretação dos fatores extraídos, foi realizada uma rotação ortogonal pelo método Varimax. Segundo Mingoti (2005) e Corrar *et al.* (2007), essa técnica promove maior clareza na estrutura fatorial, pois aproxima os coeficientes de correlação entre as variáveis e os fatores dos valores extremos (zero ou um), facilitando a identificação das variáveis que mais contribuem para cada fator. A seleção do número de fatores foi baseada no critério da raiz característica maior do que um (*eigenvalue* > 1), considerando-se apenas os fatores com capacidade explicativa significativa da variabilidade dos dados.

Ademais, foram realizados o Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett para avaliar a adequação dos dados à análise fatorial e a qualidade do ajuste do modelo. De



acordo com Mingoti (2005), o teste KMO compara os coeficientes de correlação simples com os de correlação parcial, e seus valores variam entre zero e um. Um valor igual ou superior a 0,8 indica boa adequação do modelo, enquanto valores inferiores a 0,5 sugerem necessidade de ajustes nos dados. Já o teste de esfericidade de Bartlett avalia se a matriz de correlação é estatisticamente igual à matriz identidade, sendo que a rejeição da hipótese nula desse teste indica que os dados apresentam correlações suficientes para justificar a aplicação da análise fatorial.

2.4 ÍNDICE DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA

Após a estimação dos escores fatoriais para os municípios da Região Sul do Brasil, procedeu-se à construção de um índice sintético para mensurar o grau de modernização agrícola. Como os escores obtidos apresentaram valores positivos e negativos, tornou-se necessário padronizá-los, de modo a garantir que todas as observações estivessem no primeiro quadrante — ou seja, com valores não negativos. Essa padronização evita que escores negativos com elevada magnitude distorçam a mensuração do índice, preservando a hierarquia relativa entre os municípios e assegurando a comparabilidade em uma escala comum. A padronização dos escores fatoriais foi realizada mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$F_m = \frac{F_m - F_{min}}{F_{máx} - F_{min}} \quad (5)$$

Com base na metodologia já consolidada da literatura aplicada, dentre outros, por Costa *et al.* (2012) Pinto e Coronel (2015), Lima *et al.* (2022), o cálculo do Índice Bruto de Modernização Agrícola, para fins de simplificação, será denominado apenas Índice de Modernização Agrícola (IMA), que é obtido por meio da combinação linear dos escores fatoriais ponderados pelas cargas associadas a cada fator, refletindo a intensidade da modernização agrícola nos municípios a partir das dimensões latentes identificadas na análise fatorial. Esse índice possibilita a ordenação e a análise comparativa dos municípios quanto ao seu grau de modernização agrícola.

Para a obtenção do IMA municipal, realizou-se a aplicação da seguinte equação:

$$IMA_m = \sum_{j=1}^k \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j} F_{jm} \quad (6)$$

em que IMA_m é o índice de modernização agrícola do município, λ_j é a j -ésima raiz característica da matriz de correlação das variáveis, e F_{jm} é o escore fatorial no município m , do fator j .



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, todas as variáveis apresentaram resultados significativos, conforme apresentados na Tabela 1, o que leva à rejeição da hipótese nula e indica que os dados não seguem uma distribuição normal. No entanto, conforme o Teorema do Limite Central, à medida que o tamanho da amostra aumenta, a distribuição da média amostral tende a se aproximar de uma distribuição normal (Fávero e Belfiore, 2017). Como este estudo utiliza uma amostra grande (1.191 municípios), é possível assumir a normalidade dos dados. Além disso, é importante destacar que a análise fatorial pelo método dos componentes principais não exige, necessariamente, a suposição de normalidade (Gomes *et al.*, 2022).

Tabela 1 – Testes de Normalidade

Variável	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estatística	Significância	Estatística	Significância
X1	0,115	0,000	0,928	0,000
X2	0,067	0,000	0,972	0,000
X3	0,131	0,000	0,771	0,000
X4	0,068	0,000	0,969	0,000
X5	0,107	0,000	0,887	0,000
X6	0,147	0,000	0,849	0,000
X7	0,341	0,000	0,351	0,000
X8	0,231	0,000	0,643	0,000
X9	0,097	0,000	0,916	0,000
X10	0,064	0,000	0,976	0,000
X11	0,154	0,000	0,731	0,000
X12	0,050	0,000	0,971	0,000
X13	0,100	0,000	0,917	0,000
X14	0,036	0,004	0,984	0,000
X15	0,285	0,000	0,204	0,000
X16	0,293	0,000	0,331	0,000
X17	0,303	0,000	0,232	0,000
X18	0,343	0,000	0,213	0,000
X19	0,239	0,000	0,371	0,000
X20	0,263	0,000	0,497	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para iniciar a análise fatorial, é preciso verificar a adequação dos dados à análise fatorial, para isso, foi aplicado o teste de esfericidade de Bartlett, cujo resultado foi de 27.506,732, sendo significativo ao nível de 1%. Esse resultado permite rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, indicando, portanto, que os dados são apropriados para a análise. Adicionalmente, foi realizado o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que apresentou valor de 0,610.



Segundo Mingoti (2005), valores inferiores a 0,5 indicam inadequação da base de dados, o que não é o caso neste estudo, permitindo concluir que os dados possuem uma boa adequação para a análise fatorial.

Com os testes indicando a adequação dos dados, procedeu-se com a análise fatorial utilizando o método dos componentes principais, com aplicação da rotação ortogonal pelo método *Varimax*. A Tabela 2 apresenta as raízes características, as proporções de variância explicada por cada fator e a proporção de variação explicada acumulada. Observa-se que os cinco fatores extraídos representam, conjuntamente, cerca de 81,31% da variância total, o que indica que esses fatores explicam mais de 81% da variabilidade presente nos 20 indicadores de modernização agrícola dos municípios da região Sul do Brasil.

Tabela 2 – Fatores, raízes características e variâncias explicadas

Fatores	Raiz Característica	Proporção de variância explicada	Proporção acumulada de variância explicada
F1	4,587	22,935	22,935
F2	3,363	16,817	39,752
F3	3,348	16,741	56,493
F4	2,996	14,978	71,471
F5	1,968	9,838	81,309

Fonte: Resultados da pesquisa.

A Tabela 3 apresenta as cargas fatoriais correspondentes aos cinco fatores extraídos, bem como as comunalidades de cada variável. Para definir a inclusão de uma variável em determinado fator, foi considerada a maior carga fatorial entre as cinco analisadas. Além disso, as comunalidades foram utilizadas para indicar o quanto de cada variável é explicada pelos cinco fatores. Nesse contexto, quanto maior o valor da comunalidade, mais forte é a associação entre a variável e os fatores identificados.

O primeiro fator, denominado “Acesso a Crédito, Insumos e Assistência Técnica” é composto pelas variáveis X1 - Número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento (Unidades) / AE; X10 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Utilizou agrotóxicos / PO; X13 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Recebe orientação técnica / AE; X9 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Utilizou agrotóxicos / AE; X2 - Número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento (Unidades) / PO; e X14 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Recebe orientação técnica / PO.

Tabela 3 – Cargas fatoriais e comunalidades

Variável	Cargas fatoriais					Comunalidades
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
X1	0,904	-0,053	0,183	-0,117	-0,018	0,868
X10	0,837	-0,013	-0,034	0,207	0,005	0,746
X13	0,801	-0,048	0,460	-0,172	-0,011	0,885
X9	0,770	-0,072	0,462	-0,294	-0,041	0,900
X2	0,743	0,046	-0,252	0,443	0,060	0,817
X14	0,731	0,058	-0,042	0,441	0,085	0,742
X15	0,116	0,941	0,093	-0,045	0,020	0,909
X19	0,094	0,920	0,020	0,146	0,082	0,884
X16	-0,120	0,914	-0,091	0,149	0,056	0,883
X20	-0,166	0,801	-0,163	0,346	0,114	0,829
X7	0,014	-0,012	0,909	0,024	0,024	0,828
X11	0,360	-0,041	0,812	0,036	-0,020	0,793
X3	0,475	0,003	0,775	0,061	-0,003	0,831
X8	-0,209	-0,043	0,719	0,255	-0,034	0,629
X4	0,085	0,190	0,182	0,849	0,077	0,804
X6	0,049	0,251	-0,211	0,847	0,105	0,838
X12	0,011	0,029	0,250	0,670	-0,004	0,512
X5	0,508	0,123	0,147	0,539	0,068	0,590
X17	0,108	0,091	0,065	0,031	0,981	0,988
X18	-0,064	0,112	-0,087	0,134	0,972	0,986

Fonte: Resultados da pesquisa.

O segundo fator, designado “Investimento em Insumos Químicos”, é composto pelas variáveis X15 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Adubos e Corretivos / AE; X19 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Agrotóxicos / AE; X16 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Adubos e Corretivos / PO; e X20 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Agrotóxicos / PO.

O terceiro fator, intitulado “Infraestrutura e Intensificação Produtiva”, é composto pelas variáveis X7 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (Unidades) / AE; X11 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Fez uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo / AE; X3 - Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Tratores / AE; e X8 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (Unidades) / PO.

O quarto fator, “Mecanização e Correção de Solo”, é composto pelas variáveis X4 - Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Tratores / PO; X6 - Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos



agropecuários (Unidades) - Colheitadeiras / PO; X12 - Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Fez uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo / PO; e X5 - Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários (Unidades) - Colheitadeiras / AE.

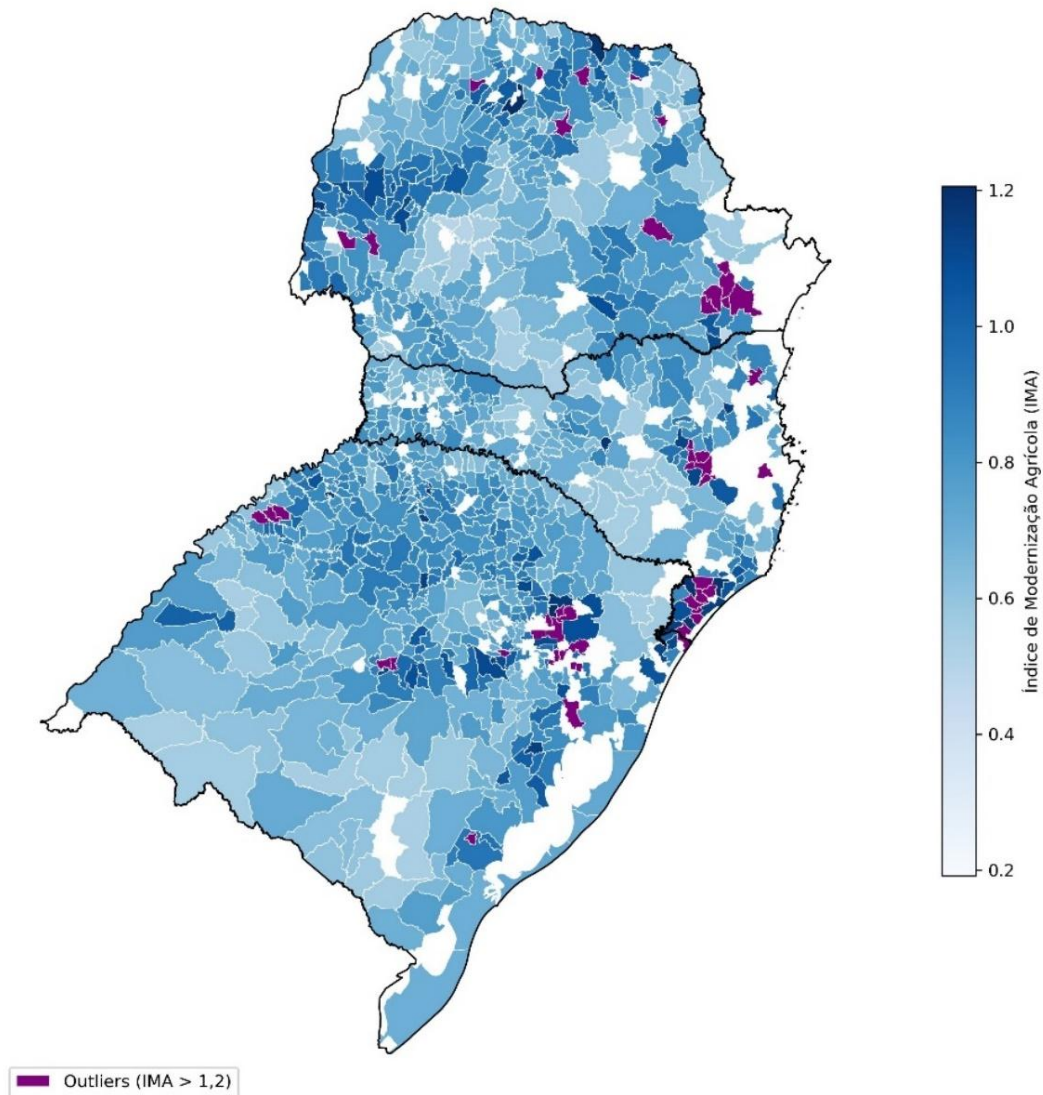
O quinto fator, “Despesas com Sementes e Mudas”, é composto pelas variáveis X17 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Sementes e mudas / AE; e X18 - Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (Mil Reais) - Sementes e mudas / PO.

Após a aplicação do modelo de análise fatorial de componentes principais, procedeu-se à avaliação da modernização agrícola através do cálculo do Índice de Modernização Agrícola (IMA) para cada município da região Sul do Brasil. A distribuição espacial dos resultados encontra-se na Figura 2.

A análise espacial do IMA revela um padrão heterogêneo entre os municípios da região Sul, evidenciando municípios com alto desempenho convivendo com áreas de baixa modernização agrícola. Os municípios destacados em tons mais escuros de azul no mapa correspondem aqueles com maiores níveis de modernização, sendo especialmente concentrados no oeste e noroeste do Paraná, bem como no centro-norte e noroeste do Rio Grande do Sul.



Figura 2 – Distribuição Espacial do Índice de Modernização Agrícola (IMA) dos Municípios da Região Sul do Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Nota-se, ainda, a presença de municípios representados em branco. Esses casos correspondem a localidades que não foram incluídas no cálculo do IMA por apresentarem dados insuficientes nas variáveis utilizadas na Análise Fatorial, o que inviabilizou a geração dos escores necessários para a mensuração do índice.

Em destaque na cor roxa, encontram-se os municípios classificados como *outliers* positivos, isto é, aqueles que apresentam os valores mais elevados do IMA. Especificamente, os municípios sinalizados em roxo correspondem às unidades territoriais cujo indicador ultrapassou o valor de 1,2, caracterizando desempenho significativamente superior ao padrão observado no conjunto analisado. Entre eles, sobressaem-se Pitangueiras (IMA = 4,17), Curitiba (IMA = 3,30) e Vera Cruz do Oeste (IMA = 3,00), que figuram entre os mais modernizados da amostra. A Tabela 4 apresenta os dez municípios com os maiores valores de IMA.



Tabela 4 – Municípios com os maiores Índice de Modernização Agrícola (IMA)

Ranking	Município	Estado	IMA
1	Pitangueiras	PR	4.170972
2	Curitiba	PR	3.302127
3	Vera Cruz do Oeste	PR	3.002731
4	Antônio Carlos	SC	2.807123
5	Feliz	RS	2.674941
6	Fazenda Rio Grande	PR	2.052183
7	São José dos Pinhais	PR	1.960557
8	Ituporanga	SC	1.776870
9	Nova Pádua	RS	1.674234
10	Almirante Tamandaré	PR	1.670463

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Por outro lado, observa-se uma expressiva quantidade de municípios com baixos níveis de modernização agrícola, especialmente concentrados no sul do Rio Grande do Sul, sul de Santa Catarina e centro-sul do Paraná. Dentre os de pior desempenho, destacam-se Abatiá, Agudos do Sul e Altamira do Paraná. Esses municípios, com valores significativamente reduzidos de IMA, estão listados na Tabela 5.

Tabela 5 – Municípios com os menores Índice de Modernização Agrícola (IMA)

Ranking	Município	Estado	IMA
1	Abatiá	PR	0.191842
2	Agudos do Sul	PR	0.475843
3	Altamira do Paraná	PR	0.490142
4	Laranjal	PR	0.491057
5	Sapopema	PR	0.514452
6	Marquinho	PR	0.521495
7	General Carneiro	PR	0.529312
8	Piratini	RS	0.529540
9	Ribeirão Claro	PR	0.532056
10	Palmital	PR	0.534450

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Esses resultados evidenciam grandes desigualdades territoriais no processo de modernização agrícola na região Sul, com municípios que apresentam elevada estrutura tecnológica e produtiva convivendo com outros que ainda enfrentam limitações significativas na adoção de práticas modernas.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo identificar fatores associados à modernização agrícola nos municípios da região Sul do Brasil, com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017, por meio da



aplicação da análise fatorial e também construir um Índice de Modernização Agrícola (IMA) para mensurar o grau de modernização agrícola de cada município.

Embora os testes de normalidade tenham indicado distribuição não normal das variáveis, a grande dimensão amostral e pela Análise Fatorial ser realizada pelo método dos componentes principais, que não exige, necessariamente, normalidade, garantem a validade e a adequação da metodologia empregada.

A análise fatorial resultou na extração de cinco fatores que explicam conjuntamente mais de 81% da variância dos dados. Os fatores identificados foram nomeados como: (i) Acesso a Crédito, Insumos e Assistência Técnica, (ii) Investimento em Insumos Químicos, (iii) Infraestrutura e Intensificação Produtiva, (iv) Mecanização e Correção de Solo e (v) Despesas com Sementes e Mudanças. Esses fatores representam as principais dimensões que caracterizam a modernização agrícola nos municípios analisados.

Já a construção do Índice de Modernização Agrícola (IMA) permitiu sintetizar e comparar o grau de modernização dos municípios. Os resultados revelam um panorama heterogêneo de modernização na região Sul, com municípios altamente tecnificados coexistindo com outros que ainda apresentam baixos níveis de modernização.



AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



REFERÊNCIAS

CORRAR, L. J. *et al.* **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia.** São Paulo: Atlas, 2007.

COSTA, C. C. M. *et al.* Modernização agropecuária e desempenho relativo dos Estados brasileiros. **Revista agroalimentaria**, v. 18, n. 34, p. 43-56, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8573660>. Acesso em: 09 de julho de 2025.

GELATTI, E. *et al.* Caracterização espacial da modernização agrícola dos municípios do estado do Rio Grande do Sul (2010 e 2017). **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1079-1103, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/2804>. Acesso em: 21 de maio de 2025.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®.** Elsevier Brasil, 2017.

GOMES, J. V. *et al.* A Proposal For The Analysis Of Main Components In The Presence Of Non-Random Variables. **Brazilian Journal of Biometrics**, [S. l.], v. 40, n. 3, 2022. Disponível em: <https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/551>. Acesso em: 10 de julho de 2025.

HAIR, Joseph F. *et al.* **Análise multivariada de dados.** Bookman editora, 2009.

HOFFMANN, Rodolfo. Dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 30, n. 4, p. 172-90, 1992. Disponível em: <http://www.resr.periodikos.com.br/journal/resr/article/5ea0bed40e8825b12cc84922>. Acesso em: 21 de maio de 2025.

HOPEWELL, K. The accidental agro-power: constructing comparative advantage in Brazil. **New Political Economy**, v. 21, n. 6, p. 536-554, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13563467.2016.1161014>. Acesso em: 10 de julho de 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017.** Rio de Janeiro. IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 20 de maio de 2025.

LAVORATO, M. P.; FERNANDES, E. A. Índice de modernização agrícola dos municípios da Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista de Economia do Centro-Oeste**, v. 2, n. 2, p. 2-18, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reoeste/article/view/40571>. Acesso em: 21 de maio de 2025.

LIMA, G. C. *et al.* Índice de modernização agrícola na região Nordeste. **Interações (Campo Grande)**, v. 23, p. 347-362, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/fMjknNhfqcpGcmgm3gtRxNJ/>. Acesso em: 09 de julho de 2025.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

PEREIRA, P. A. A. *et al.* The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. **Agriculture & Food Security**, v. 1, n. 1, p. 4, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/2048-7010-1-4>. Acesso em: 09 de julho de 2025.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. Modernização agrícola no Rio Grande do Sul: um estudo nos municípios e mesorregiões. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 36, n. 128, p. 167-182, 2015. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/712>. Acesso em: 09 de julho de 2025.

ROCHA, A. *et al.* Agricultural technology adoption and land use: evidence for Brazilian municipalities. **Journal of land use science**, v. 14, n. 4-6, p. 320-346, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1747423X.2019.1707312>. Acesso em: 12 de julho de 2025.

ROSSONI, R. A. *et al.* O perfil da modernização da agricultura do Paraná: uma análise de cluster. **Informe GEPEC**, v. 25, n. Special, p. 29, 2021. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/b4cf1dcfae3d14c546fd534bc23134d7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2045959>. Acesso em: 09 de julho de 2025.

