



MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA: UMA PROPOSTA DE ÍNDICE PARA AS MICRORREGIÕES GEOGRÁFICAS BRASILEIRAS

AGRICULTURAL MODERNIZATION: An INDEX PROPOSAL FOR BRAZILIAN GEOGRAPHIC MESOREGIONS

Autor(es): Rodrigo Peixoto da Silva¹; Fernanda Cigainski Lisbinski²

Filiação: ¹Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA ESALQ/USP; ²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada – PPGEA ESALQ/USP.

E-mail: ¹rodrigo.peixoto@cepea.org.br; ²fernanda.lisbinski@usp.br

Grupo de Trabalho (GT): GT07. Desenvolvimento rural, territorial e regional

Resumo: Esse trabalho buscou mensurar e analisar o grau de modernização agrícola das Microrregiões brasileiras, propondo um índice que as caracterize ao longo do tempo em termos de modernização. Para isso, utiliza-se o método da análise fatorial visando à identificação dos fatores comuns associados ao grau de modernização agrícola nas 558 Microrregiões brasileiras, identificando as intensas diferenças entre essas. A partir da análise, foi possível extrair dois fatores. O Fator 1 (Adoção de insumos modernos e Mecanização) demonstrou que esse avanço ocorreu de forma mais acelerada nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, enquanto as regiões Norte e Nordeste apresentaram um processo mais lento e permaneceram “atrasadas” quando comparadas às demais regiões. O Fator 2 (Uso intensivo de mão-de-obra) apontou que as regiões Norte, Nordeste e Sul apresentaram decréscimos em seus score fatoriais ao longo dos anos; por outro lado, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentaram crescimentos significativos dos score fatoriais de suas microrregiões nesse aspecto. Consta-se, portanto, que as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentaram crescimento dos score fatoriais em ambos os fatores, o que indica que, junto com a maior adoção de insumos modernos e mecanização agrícola, o emprego de mão-de-obra e a produtividade dessa força de trabalho também aumentaram nessas regiões. Além disso, o crescimento intenso da região Sul no Fator 1 também ampliou significativamente seu índice de modernização entre 2006 e 2017. Conclui-se, portanto, que, embora a modernização agropecuária tenha se difundido expressivamente pelas regiões brasileiras, a velocidade dessa difusão foi maior no Centro-Sul, mantendo ou mesmo intensificando as disparidades regionais do meio rural brasileiro apontadas pela literatura desde a década de 1970.

Palavras-chave: Agricultura; Desenvolvimento Rural; Análise Fatorial; Mecanização Agrícola.

Abstract: This work aimed to measure and analyze the degree of agricultural modernization of Brazilian Microregions, proposing an index that characterizes them over time in terms of modernization. For this, the method of factor analysis is used to identify the common factors associated with the degree of agricultural modernization in the 558 Brazilian Microregions, identifying the differences between them. From the analysis, it was possible to extract two factors. Factor 1 (Adoption of modern inputs and mechanization) showed that this progress occurred faster in the Southern, Central-Western, and Southeastern regions, while the Northern and Northeastern regions presented a slower process and remained "backward" when compared to the other regions. Factor 2 (Intensive use of labor) pointed out that the Northern, Northeastern, and Southern regions showed decreases in their factorial scores over the years; on the other hand, the Central-Western and Southeastern regions showed significant growth in the factorial scores of their microregions in this aspect. It is therefore evident that the Southeastern and Central-Western regions showed growth in the factorial scores in both factors, indicating that, along with the greater adoption of modern inputs and agricultural mechanization, the employment of labor and productivity of this workforce also increased in these regions. Furthermore, the intense growth of the Southern region in Factor 1 also significantly increased its modernization index between 2006 and 2017. Therefore, it is concluded that although agricultural modernization has spread significantly throughout the Brazilian regions, the speed of this diffusion was higher in the South, Southeastern and Center-West regions, maintaining or even intensifying the regional disparities in the Brazilian rural environment pointed out by the literature since the 1970s.

Key words: Agriculture; Rural Development; Factor Analysis; Agriculture Mechanization.



1 Introdução

A agricultura apresenta grande representatividade na economia brasileira. Em 2019, o agronegócio foi responsável por 21,4% do PIB - Produto Interno Bruto – do Brasil e somente o segmento agrícola movimentou R\$ 1,06 trilhão, enquanto a pecuária movimentou R\$ 494,8 bilhões. Sendo assim, o ramo agrícola é uma das principais bases da economia do país, responsável pelo equilíbrio da balança comercial (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA e Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - Cepea, 2020). Destaca-se, ainda, que os investimentos em melhorias tecnológicas da atividade agrícola contribuem para a diferenciação da produção e ampliam a capacidade de inovação de toda a cadeia produtiva, favorecendo a competitividade do setor, por meio da especialização e de novas demandas tecnológicas (HENG, 2014; SIPSAS et. al., 2016; DRATH, HORCH, 2014).

O processo de modernização da agricultura brasileira nos moldes da Revolução Verde se iniciou na década de 1950, com a importação de tecnologias, técnicas e fatores de produção adotados em países da Europa e América do Norte e sob o contexto do Plano de Metas, no governo de Juscelino Kubitschek (SILVA e VIAN, 2021). No entanto, foi na década de 1960, com a implantação das indústrias de máquinas, equipamentos e insumos no Brasil, que esse processo se estabeleceu de maneira concreta. O crédito subsidiado, especialmente para a compra de insumos modernos e para o financiamento de bens de capital, a extensão rural e o desenvolvimento da pesquisa agropecuária foram instrumentos essenciais para impulsionar a agropecuária, visando patamares mais elevados de produtividade (REBELLO; SANTOS; HOMMA, 2011, BACHA, 2004).

Castillo (2007) afirma que a modernização da agricultura brasileira compreende duas etapas. A primeira ocorreu entre 1960 e 1970 e é caracterizada pela consolidação do Complexo Agroindustrial, em que se ampliam os encadeamentos entre agricultura e indústria e ambas usufruem de benefícios fiscais, subsídios e linhas de crédito, com o apoio à produção tecnológica, utilizando-se da biotecnologia e da internalização de indústrias de bens de capital e de produção agrícola (MULLER, 1989). A segunda etapa, que perdura até hoje, teve início na década de 1980 e possui como foco a consolidação da produção de commodities (CASTILLO, 2007).

Embora tenham ocorrido avanços no desenvolvimento e modernização agrícola do país, esse processo não se deu de forma homogênea, seja por conta de aspectos relacionados ao relevo, ao clima, às características do solo, à disposição de recursos naturais e hídricos, à biodiversidade, ou mesmo aos objetivos, foco e diretrizes das políticas públicas à época (SILVA e VIAN, 2021).

Dados do Censo Agropecuário de 2017 demonstram as diferenças tecnológicas, produtivas e socioeconômicas entre produtores rurais das diversas regiões brasileiras. A título de ilustração, enquanto no estado do Piauí cerca de 27% dos proprietários de estabelecimentos agropecuários nunca frequentaram escola, no estado de Santa Catarina esse número é de 2%. No Ceará apenas 1% dos estabelecimentos agropecuários possuem tratores, enquanto no estado de São Paulo e no Rio Grande do Sul esse percentual é de 44%. Em Alagoas apenas 7% dos estabelecimentos agropecuários possuem veículos, enquanto no estado do Espírito Santo esse número é de 48% (IBGE, 2019). Portanto, conhecer o processo e os diferentes estágios de modernização da agropecuária brasileira é fundamental para o estabelecimento de políticas públicas consistentes e voltadas às realidades locais, com vistas a reduzir esse distanciamento tecnológico entre as regiões brasileiras.

Diante disso, esse trabalho mensurou e analisou o grau de modernização agrícola das Microrregiões brasileiras, propondo um índice que as caracteriza ao longo do tempo em termos de modernização. Justifica-se a presente pesquisa pela importância da discussão acadêmica dessa temática, devido à posição estratégica da agricultura brasileira perante o resto do mundo e as diversidades e heterogeneidades presentes no meio rural.

Esse trabalho se diferencia dos demais como Silva e Fernandes (2005), Corrêa e Figueiredo (2006), Rebello, Santos e Homma (2011), Alencar e Silva (2011), Beckmann e Santana (2019) e Lazaretti et al (2019), pois elabora um índice de modernização agrícola para as Microrregiões geográficas brasileiras com base nos dados dos Censos agropecuários de 2006 e 2017, o que permite identificar, além de um índice representativo do grau de modernização de cada microrregião, a trajetória de cada microrregião ao longo do tempo.

O presente estudo encontra-se distribuído em quatro seções, sendo a primeira composta por esta introdução. A segunda seção apresenta a metodologia utilizada. Na Seção três analisa-se e discute-se os resultados encontrados e; por fim, apresenta-se as conclusões do estudo na seção quatro.

2 Metodologia

2.1 Fundamentos estatísticos do IMA

A análise fatorial consiste em uma técnica estatística multivariada utilizada na redução e sumarização de dados. Ela permite realizar a análise das relações entre um amplo conjunto de variáveis correlacionadas, unindo-as por meio da definição de um conjunto de dimensões comuns, chamadas de fatores ou componentes (HAIR et al., 2009; MINGOTI, 2005). Neste contexto, para explicar o modelo de análise fatorial, o presente estudo se utiliza do método da Máxima Verossimilhança, o qual consiste na extração dos fatores que não estão correlacionados entre si, maximizando a contribuição desses para a variância comum (FÁVERO; BELFIORE, 2017).

O modelo de análise fatorial pode ser especificado, genericamente, pela equação 1:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + A_{i3}F_3 + \dots + A_{ik}F_k + U_i + E_i \quad (1)$$

em que X_i são as variáveis que determinam os indicadores de modernização; F_k são os k -ésimos fatores comuns; A_{ik} são as cargas fatoriais que indicam a intensidade das relações entre as variáveis X_i e os fatores; U_i é o fator único que especifica a parte da variância total que não se associa com a variância de outras variáveis; e E_i é o fator de erro que representa o erro de observação, mensuração ou especificação do modelo.

Como as variáveis que compõem o índice apresentam diferentes escalas e a análise de componentes principais visa maximizar a variância explicada do conjunto de dados, é recomendado padronizar as variáveis, eliminando efeitos de escala e unidades de medida distintas (LATTIN, 2011). Esse procedimento, conhecido como Z-score é dado pela equação 2:

$$Z_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{S}, i = 1, 2, 3 \dots, n \quad (2)$$

em que, Z_i é a variável padronizada; X_i é a variável a ser padronizada; $\bar{X}$ é a média aritmética da variável X ; S é o desvio padrão amostral da variável X .

Após a padronização das variáveis, passa-se para a identificação do número de fatores adequados ao modelo utilizado, por meio do critério do autovalor (*eigenvalue*), considerando apenas fatores com autovalor superior à unidade (LATTIN, 2011). Visando facilitar a interpretação desses fatores, foi realizada a rotação ortogonal por meio do método *equamax*, maximizando a variância explicada por cada fator e distribuindo as cargas fatoriais de forma reduzir a incidência de crossloading entre as variáveis e os fatores (HAIR et al., 2009). Após esses procedimentos, são obtidos os score fatoriais, que são os valores referentes a cada observação da amostra e situam-nas no espaço dos fatores comuns (Mingoti, 2005), dados pela equação 3:

$$F_j = \sum_{i=1}^k b_i X_{ij}, \text{ com } i = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

em que, F_j são os escores fatoriais; b_i são os coeficientes da regressão que representam os pesos de ponderação de cada variável X_{ij} no fator F_j ; X_{ij} são os valores das variáveis para o k -ésimo elemento da amostra.

Por fim, é possível estabelecer índices, que são ponderações entre os score fatoriais e a parcela explicada de variância de cada fator considerado. Assim, o Índice de Modernização Agrícola (IMA_i) pode ser dado, segundo Mingoti (2005) pela equação 4:

$$IMA_i = \sum_{k=1}^p \left(\frac{\sigma_k^2}{\sum_{k=1}^p \sigma_k^2} F_{ik} \right) \quad (4)$$

em que σ_k^2 é a variância explicada pelo fator k ; p é o número de fatores escolhidos; $\sum_{k=1}^p \sigma_k^2$ é o somatório das variâncias explicadas; F_{ik} é o score fatorial da i -ésima Microrregião brasileira no fator k . Os resultados são reescalados conforme equação 5, de forma que variem em um intervalo entre 0 e 1:

$$IMA_i = \frac{IMA_i - IMA_{\min}}{IMA_{\max} - IMA_{\min}} \quad (5)$$

Na aplicação da análise fatorial, pressupõe-se a presença de correlação entre as variáveis. Para verificar e aferir a qualidade dessas correlações de forma a realizar a análise, foram utilizados os testes de esfericidade de Bartlett e a estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O primeiro assume como hipótese nula a matriz de correlações ser uma matriz identidade, ou seja, as correlações entre variáveis distintas seriam estatisticamente nulas. Ao rejeitar-se essa hipótese, entende-se que existem feixes de variáveis correlacionadas que podem ter sua dimensão reduzida em poucos fatores. O segundo trata-se de uma estatística que varia entre 0 e 1 e compara as correlações de ordem zero com as correlações parciais observadas entre as variáveis (MINGOTI, 2005). Segundo Fávero e Belfiore (2017) o teste de Bartlett é dado pela equação 6:

$$X_{Bartlett}^2 = \left[(n-1) - \left(\frac{2k+5}{6} \right) \right] \ln|D| \quad (6)$$

com $\frac{k(k-1)}{2}$ graus de liberdade, em que n é o tamanho da amostra, k é o número de variáveis, e D é o determinante da matriz de correlações ρ . A estatística KMO é dada pela equação 7:

$$KMO = \frac{\sum_{l=1}^k \sum_{c=1}^k \rho_{lc}^2}{\sum_{l=1}^k \sum_{c=1}^k \rho_{lc}^2 + \sum_{l=1}^k \sum_{c=1}^k \phi_{lc}^2} \quad (7)$$

Com relação os valores de KMO, quanto mais próximo de 1 melhor a adequação global do modelo.

Após a apresentação do procedimento econométrico adotado, na próxima seção são descritas as variáveis utilizadas, bem como a fonte dos dados obtidos para criar o IMA proposto neste estudo.

2.2 Variáveis e Fonte de Dados

Todas as variáveis que irão compor o modelo multivariado foram extraídas da base de dados dos Censos agropecuários de 2006 e 2017, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Ressalva é feita com relação ao PIB da Agropecuária, divulgado também pelo IBGE, mas no Sistema de Contas Nacionais, que foi usado como ponderador de todas as demais variáveis, conforme procedimento similar realizado por Hoffmann (1992), visando reduzir a heteroscedasticidade, além de atribuir maior importância às microrregiões nas quais o PIB Agropecuário é maior. A amostra compreende, inicialmente, as 558 microrregiões geográficas brasileiras, conforme classificação do IBGE. A relação das variáveis utilizadas é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas para a Análise Fatorial e cálculo do IMA

Variável	Descrição
X1	Número de estabelecimentos agropecuários com energia elétrica/NE
X2	Número de estabelecimentos agropecuários com assistência técnica/NE
X3	Número de Estabelecimentos agropecuários com uso de adubação química ou orgânica/NE
X4	Número de Estabelecimentos agropecuários que fizeram uso de corretivos do solo/NE
X5	Número de Estabelecimentos agropecuários que fizeram uso de defensivos/NE
X6	Número de Estabelecimentos agropecuários que fazem preparo do solo/NE
X7	Número de Estabelecimentos agropecuários que possuem tratores/NE
X8	Número de Estabelecimentos agropecuários que possuem outras máquinas/NE
X9	Número de Estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento/NE
X10	Número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos agropecuários/NE
X11	Número de Estabelecimentos agropecuários com acesso à internet/NE
X12	Número de estabelecimentos que teve despesas com sementes/NE
X13	Valor da Produção Agropecuária/Número de pessoas ocupadas
X14	Valor da Produção Agropecuária/Área dos estabelecimentos
X15	Despesas com salários/Número de pessoas ocupadas
X16	Número de estabelecimentos associados às cooperativas/NE

Fonte: Elaboração própria, com base no IBGE (2022).

Após a apresentação da metodologia utilizada para criar o índice proposto, apresenta-se a metodologia utilizada para a estimação dos modelos econométricos.

3 Resultados e discussões

3.1 Resultados da apuração e discussão do IMA

Nesta seção, apresenta-se e discute-se os resultados encontrado para a estimação do Índice de Modernização da Agropecuária (IMA) proposto neste trabalho. Diante disso, inicialmente será feita a apresentação e interpretação dos fatores e, logo em seguida, discute-se e analisa-se os resultados encontrados referentes ao grau de modernização agrícola das Microrregiões brasileiras.

3.2 Apresentação e interpretação dos Fatores

Inicialmente, faz-se necessário testar a adequabilidade da amostra utilizada à Análise Fatorial. Para isso, foram utilizados a estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de esfericidade de *Bartlett*. A estimativa do KMO apresentou um valor de 0.94, o que indica uma excelente adequabilidade dos dados que compõem a amostra para a Análise Fatorial. O teste de esfericidade de Bartlett, por sua vez, apresentou-se significativo a 1%, com valor crítico de $\chi^2 = 37.906,62$, rejeitando-se a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. A partir dos resultados obtidos por meio dos testes realizados, pôde-se concluir que a amostra utilizada demonstrou-se adequada ao procedimento da análise fatorial.

A análise fatorial utilizando o método da máxima verossimilhança possibilitou a extração de dois fatores com raiz característica superior a 1, sintetizando as informações contidas nas dezesseis variáveis analisadas (Tabela 1). A contribuição desses dois fatores para a explicação da variância total das variáveis é de 88,5%. De acordo com Hair et al. (2009) uma variância acumulada de 60% é satisfatória na área das ciências sociais.

Tabela 1: Raiz característica, percentual explicado por cada fator e variância acumulada

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	variância acumulada (%)
Fator 1	8,942	55,9	55,9
Fator 2	5,213	32,6	88,5

Fonte: Resultados da pesquisa.

O próximo passo é realizar a rotação ortogonal dos fatores por meio do método *equamax*. Na Tabela 2 apresenta-se as cargas fatoriais e as comunalidades para os fatores que foram considerados. Para sua interpretação, considerou-se as cargas fatoriais com valores superiores a 0,5 e maior valor (grifados em negrito), objetivando indicar aquelas variáveis que estão mais fortemente associadas ao respectivo fator. As variáveis que apresentam situação de crossloading (carga fatorial elevada para mais de 1 fator – aqui foram consideradas cargas fatoriais superiores a 0,6 em ambos os fatores) estão sublinhadas, ainda que, para a construção de um índice ponderado de cargas fatoriais, a situação de crossloading não seja um problema relevante.



Tabela 2: Cargas fatoriais e comunalidade após a rotação ortogonal dos fatores

Variável	Fator 1	Fator 2	Comunalidade
X1 - % de estabelecimentos com energia elétrica	0,730	0,585	0,876
X2 - % de estabelecimentos que receberam Ater	0,808	0,523	0,927
X3 - % de estabelecimentos que realizam adubação	0,894	0,397	0,957
X4 - % de estabelecimentos que fazem uso de corretivos do solo	0,688	<u>0,644</u>	0,888
X5 - % de estabelecimentos que fazem o uso de defensivos	0,912	0,342	0,949
X6 - % de estabelecimentos que realizaram preparo do solo	0,865	0,417	0,922
X7 - % de estabelecimentos que possui tratores	0,731	<u>0,622</u>	0,920
X8 - % de estabelecimentos que possui outras máquinas agrícolas	0,676	<u>0,654</u>	0,885
X9 - % de estabelecimentos que obteve financiamentos	0,858	0,427	0,918
X11 - % de estabelecimentos que tem acesso à internet	0,778	0,503	0,859
X12 - % de estabelecimentos com despesas com sementes/mudas	0,913	0,321	0,936
X14 - Valor de Produção por hectare de área total	0,758	0,424	0,754
X16 - % de estabelecimentos associados a cooperativas.	0,814	0,396	0,819
X10 – Número médio de pessoas ocupadas por estabelecimento	0,503	0,744	0,807
X13 – Valor da Produção Agropecuária por pessoa ocupada	0,384	0,799	0,785
X15 – Despesa média com salários por pessoa ocupada	0,312	0,924	0,951

Fonte: Resultados da pesquisa.

Destaca-se que os valores encontrados para as comunalidades apontam a capacidade conjunta de os dois fatores explicarem cada variável. Diante disso, a comunalidade é exibida ao lado das cargas fatoriais e, como pode ser visto na Tabela 2, essa capacidade explicativa é elevada, superior a 75% em todos os casos.

Observa-se que o Fator 1 está fortemente relacionado com as variáveis: X1 - % de estabelecimentos com energia elétrica; X2 - % de estabelecimentos que receberam Ater; X3 - % de estabelecimentos que realizam adubação; X4 - % de estabelecimentos que fazem uso de corretivos do solo; X5 - % de estabelecimentos que fazem o uso de defensivos; X6 - % de estabelecimentos que se utilizam de técnicas de preparo do solo; X7 - % de estabelecimentos que possui tratores; X8 - % de estabelecimentos que possui outras máquinas agrícolas; X9 - % de estabelecimentos que obteve financiamentos; X11 - % de estabelecimentos que tem acesso à internet; X12 - % de estabelecimentos que teve despesas com sementes e mudas; X14 - Valor de Produção por hectare de área total; X16 - % de estabelecimentos associados a cooperativas. O Fator 1 apresenta a maior variância explicada, correspondendo com 55,9% do total da variância acumulada. Este fator está atrelado à adoção de insumos modernos e mecanização.

O Fator 2 está relacionado às variáveis: X10 – Número médio de pessoas ocupadas por estabelecimento; X13 – Valor da Produção Agropecuária por pessoa ocupada; X14 – Despesa média com salários por pessoa ocupada. Esse fator está associado ao uso intensivo de mão-de-obra nos estabelecimentos e corresponde a 32,6% do total da variância acumulada.

Diante disso, as dezesseis variáveis utilizadas foram sintetizadas em dois fatores, denominados doravante de: Fator 1 – Adoção de insumos modernos e Mecanização; Fator 2 – Uso intensivo de mão-de-obra. Esses fatores, juntos, explicam 88,5% da variância total dos indicadores analisados.

Visando identificar as mudanças que ocorreram em termos de modernização agropecuária nas grandes regiões brasileiras, a Figura 1 mostra a trajetória de cada microrregião brasileira em 2006 e em 2017 em um plano cartesiano que considera os dois fatores resultantes desse trabalho. Dessa forma, é possível identificar se os avanços se deram majoritariamente em termos de Adoção de insumos modernos e Mecanização, de Uso intensivo de mão-de-obra ou

se esses avanços ocorreram simultaneamente nessas duas vertentes da modernização agropecuária.

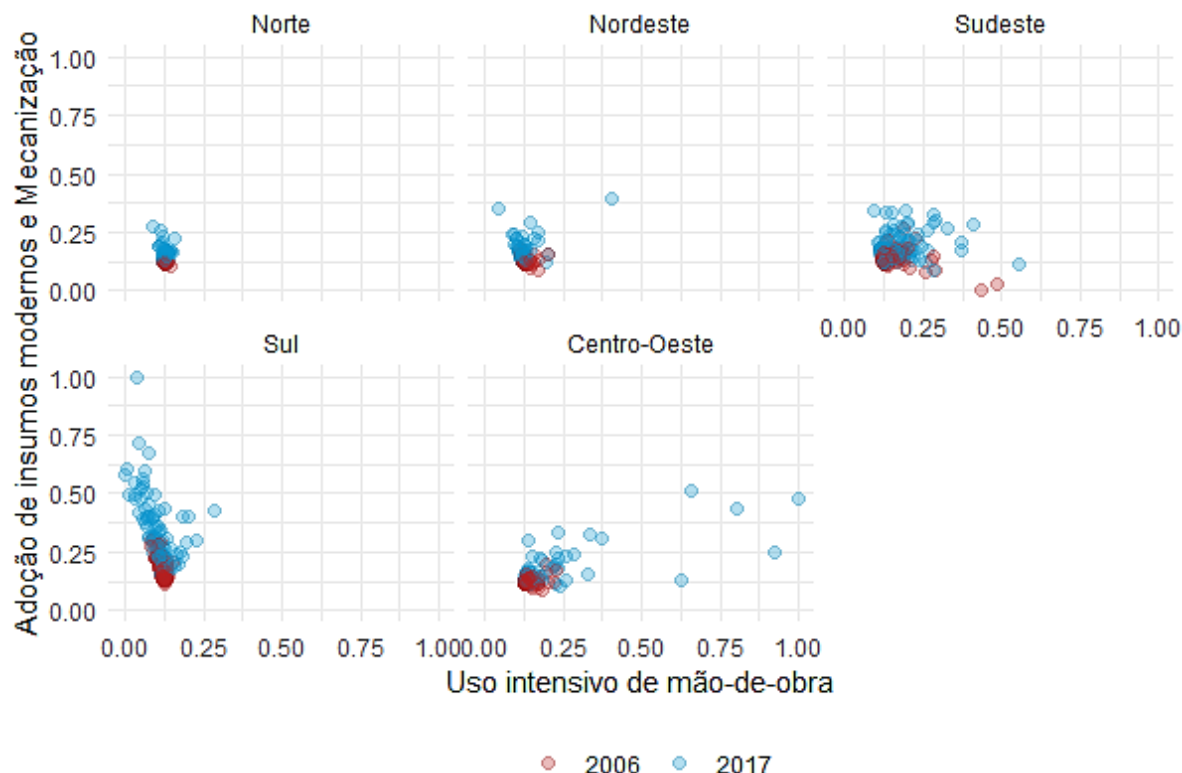


Figura 1 – Score fatoriais de modernização da agropecuária das microrregiões brasileiras – por ano e região administrativa
Fonte: Resultados da pesquisa

Com relação ao comportamento ao longo dos anos, as regiões brasileiras apresentaram trajetórias distintas. Embora todas as regiões tenham avançado no que diz respeito à Adoção de insumos modernos e Mecanização (Fator 1), esse avanço se deu de forma mais aceleradas nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste. Por sua vez, Norte e Nordeste, embora tenham apresentado alguma melhora nesse aspecto entre 2006 e 2017, permaneceram “atrasadas” com relação às demais regiões, o que, além de corroborar com a literatura que argumenta a respeito de um processo de modernização que é intensificado na região Centro-Sul brasileira (HOFFMANN, 1992; SILVA e VIAN, 2021; CAMPOS, PEREIRA e TEIXEIRA, 2014), indica que a velocidade em que o processo de modernização ocorre apresenta diferenças regionais que continuam privilegiando as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, como mostra a Figura 2, o que consolida a heterogeneidade e amplia as disparidades existentes entre aqueles que vivem e interagem no meio rural brasileiro. Uma vez que o processo de modernização agropecuária brasileiro foi e ainda é conduzido pelo Estado, isso ressalta a importância de revisão das estratégias e incentivos, além da necessidade de formulação de políticas públicas que permitam o desenvolvimento socioeconômico do setor sem ampliar as desigualdades regionais e entre agricultores.

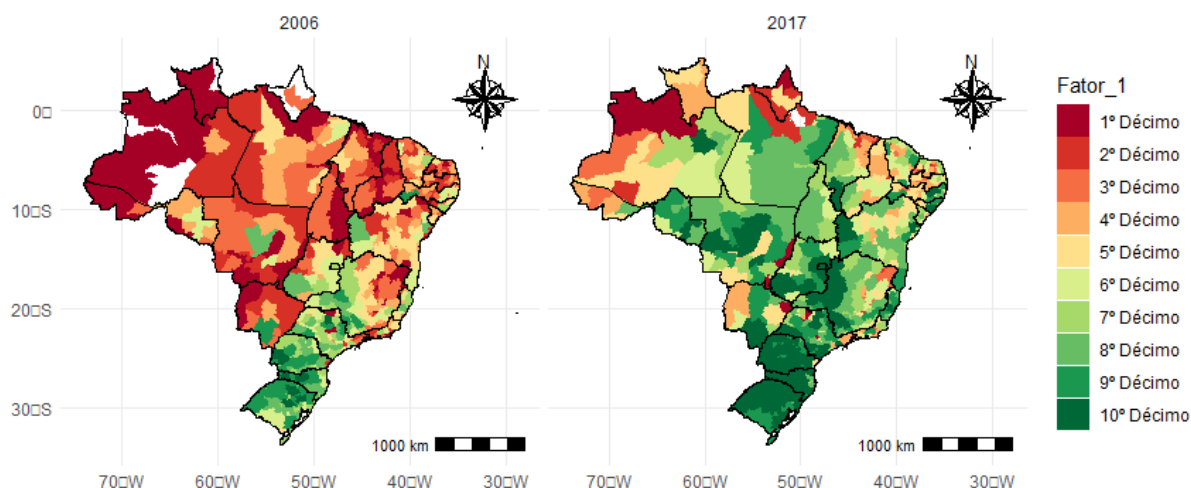


Figura 2 – Adoção de insumos modernos e Mecanização nas microrregiões brasileiras – segmentados em decis

Fonte: Resultados da pesquisa

É possível notar que, em 2006, a própria região Centro-Oeste, conhecida como o Celeiro do país, ainda não apresentava os mais elevados score fatoriais, com exceção de algumas microrregiões mais avançadas, o que destaca a presença de forte heterogeneidade produtiva intrarregional. Entre 2006 e 2017, no entanto, a região Centro-Oeste e parte expressiva das regiões Norte e Nordeste apresentaram incrementos expressivos em seus score fatoriais relacionados à Adoção de insumos modernos e Mecanização. Entretanto, as regiões Sul e Sudeste também avançaram significativamente, mantendo, em grande medida, as disparidades regionais.

No que diz respeito ao Fator 2 – Uso intensivo de mão-de-obra, as regiões Norte, Nordeste e Sul apresentaram decréscimo dos score fatoriais. Por outro lado, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentaram crescimentos significativos dos score fatoriais de suas microrregiões nesse aspecto, fato oriundo do aumento de pessoas ocupadas por estabelecimento, da produtividade do trabalho (VPB/PO) e consequente aumento das despesas com salários por pessoa ocupada, variáveis que apresnetaram crescimento nessas regiões no período analisado. Esse avanço das regiões Centro-Oeste e Sudeste é ilustrado na Figura 3.

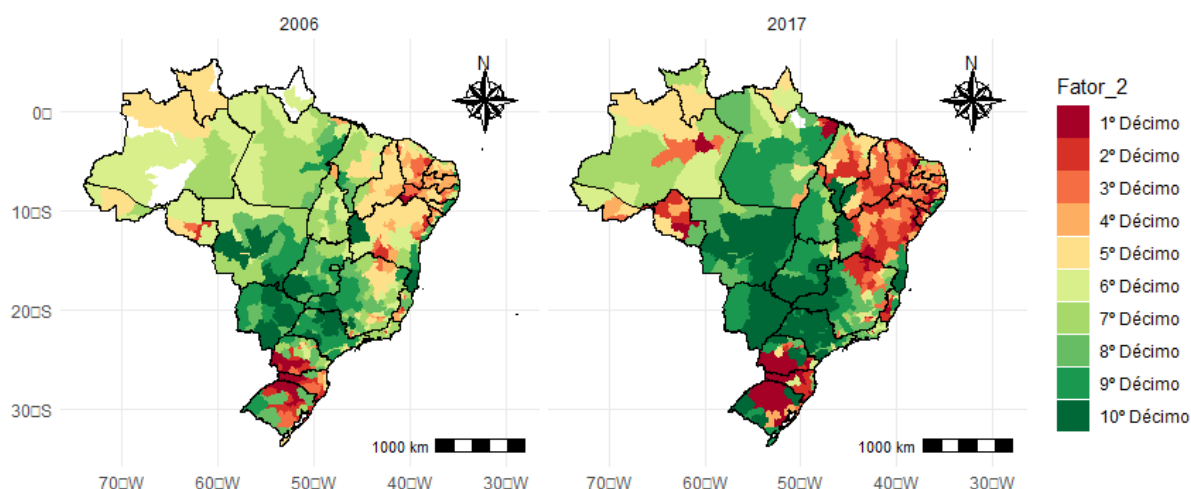


Figura 3 – Uso intensivo de mão-de-obra nas microrregiões brasileiras – segmentados em decis

Fonte: Resultados da pesquisa

Por fim, as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentaram crescimento dos score fatoriais em ambos os fatores, o que indica que, junto com a maior adoção de insumos modernos e mecanização agrícola, o emprego de mão-de-obra e a produtividade dessa força de trabalho também aumentaram nessas regiões. Esse crescimento conjuntos dos score fatoriais nos dois fatores resultantes leva essas regiões a apresentarem uma dinâmica mais acelerada do IMA. A região Sul, embora tenha apresentado decréscimo em seus score fatoriais relacionados ao Fator 2 – Uso intensivo de mão-de-obra, apresentou crescimento expressivo com relação ao Fator 1 – Adoção de insumos modernos e Mecanização, o que fez com que o IMA de suas microrregiões aumentasse entre 2006 e 2017, reforçando a argumentação a respeito da modernização excludente ou conservadora presente no Brasil (BALSAN, 2006), caracterizada pelas disparidades regionais, produtivas e socioeconômicas (SILVA e VIAN, 2021; SOUZA e LIMA, 2003; CORREIA e FIGUEIREDO, 2006; CAMPOS, PEREIRA e TEIXEIRA, 2014; HOFFMANN, 1992; HOFFMANN e KASSOUF, 1989a 1989b), conforme mostra a Figura 4.

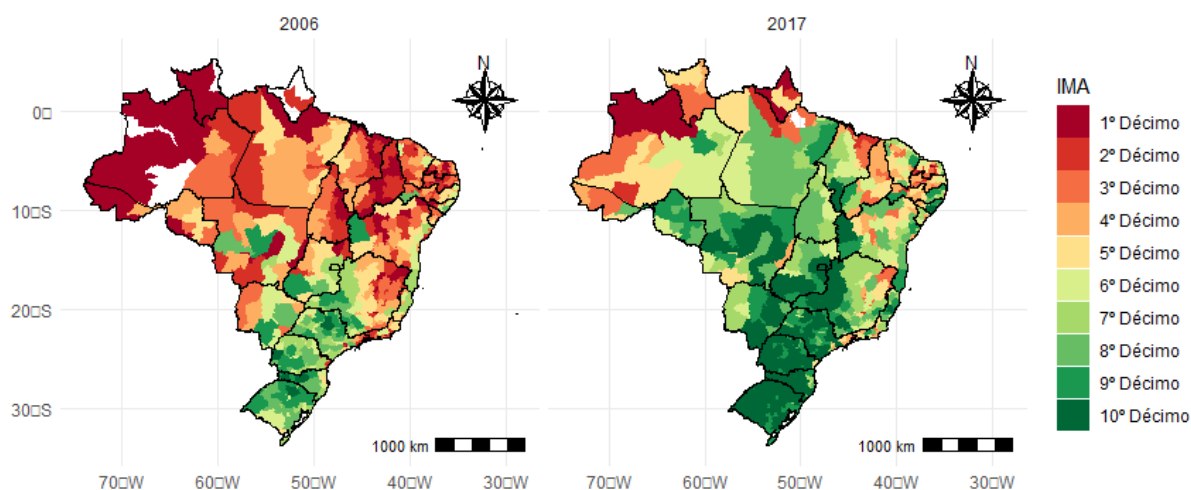


Figura 4 – Índice de Modernização da Agropecuária das microrregiões brasileiras – segmentados em decis

Fonte: Resultados da pesquisa

Neste contexto, Silva e Vian (2021), ao analisarem o grau de modernização dos municípios brasileiros em 2006, identificaram que o processo de modernização agropecuária brasileiro permanece caracterizado por sua concentração regional desde sua formação, nas décadas de 1950 e 1960 e, embora avanços tenham se difundido em diversas partes do território brasileiro, persistem as heterogeneidades regionais que fazem com que as virtudes e os benefícios associados agronegócio nacional, embora contribuam de forma para o crescimento econômico do país, não são acessadas ou captadas por grande parte dos agricultores brasileiros.

De acordo com dados do MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – (2022), em 2021, a região Sul foi responsável por aproximadamente 28,2% do VPB da agropecuária, enquanto a região Norte apresentou participação de 6,5% e a região de Nordeste 9%. Castro (2014) afirma que essa significativa participação (somente menor do que a da região Centro-Oeste) se explica devido à presença de algumas das maiores cadeias produtivas agrícolas na região Sul, como as de soja e milho, por exemplo. Somente para a soja, o VPB regional no ano de 2021 foi de R\$ 116 bilhões, cerca de 32% da produção nacional (MAPA, 2022).

Silva e Fernandes (2005) ao investigar e construir um índice de modernização para a região Norte verificaram grande disparidade no desenvolvimento agrícola dos municípios pertencentes aos estados, além de baixos níveis estaduais de modernização, os quais se justificam pela recente expansão da fronteira agrícola, pela falta de políticas públicas destinadas ao desenvolvimento agrícola, pelo baixo nível de investimentos governamentais e pela forte presença de movimentos ambientalistas. Essas afirmações são corroboradas pelos resultados do presente trabalho, que identificou a existência de disparidades em termos de modernização tanto entre as regiões quanto dentro das regiões (Figura 4).

Beckmann e Santana (2019) ao verificarem o nível de modernização na região de Mapitoba e Sudeste do Pará também encontraram na maioria das microrregiões um índice de modernização muito baixo, de modo que nenhuma obteve índice alto, os autores justificaram esses resultados pela presença recente da agricultura nesta nova fronteira agrícola brasileira e por se extensiva e ter distribuição tecnológica focada em determinados locais.

Diante do diagnóstico realizado, é possível observar que há uma evolução no grau de modernização agrícola das Microrregiões brasileiras, no entanto, esse desenvolvimento ocorre de maneira heterogênea. Esse comportamento pode ser justificado por vários fatores, alguns deles apontados no decorrer desse trabalho, tais como: políticas de crédito e investimento adotadas nessas regiões, políticas ambientais, estruturas produtivas e formação de cadeias produtivas estratégicas. Dessa forma, esse estudo pode servir aos *policymakers* (administração pública direta e indireta) como base para a formulação de políticas públicas que possam proporcionar o acesso a modernização agrícola de forma mais homogênea entre os produtores rurais brasileiros, independentemente, de sua localização geográfica e de suas características socioeconômicas e produtivas, visando a redução das disparidades no meio rural.

5. CONCLUSÕES

Esse trabalho buscou mensurar e analisar o grau de modernização agrícola das Microrregiões brasileiras, propondo um índice que as caracterize ao longo do tempo em termos de modernização. A partir disso, foi possível identificar, utilizando dezesseis variáveis, as expressivas diferenças entre as 558 Microrregiões brasileiras analisadas, mensurando o grau de modernização agrícola dessas.

Os principais resultados indicaram que as regiões brasileiras apresentaram trajetórias distintas de evolução ao longo dos anos. Apesar do avanço ocorrido em todas as regiões, evidenciado neste trabalho, foi possível observar que, com relação à Adoção de insumos modernos e Mecanização (Fator 1), esse avanço ocorreu de forma mais acelerada nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste; enquanto as regiões Norte e Nordeste apresentaram um processo mais lento e permaneceram “atrasadas” quando comparadas às demais regiões. Com relação ao Uso intensivo de mão-de-obra (Fator 2) foi possível verificar que as regiões Norte, Nordeste e Sul apresentaram decréscimo dos score fatoriais; por outro lado, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentaram crescimentos significativos dos score fatoriais de suas microrregiões. Constatou-se ainda, que as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentaram crescimento dos score fatoriais em ambos os fatores, o que demonstra alto grau de mecanização e modernização associado ao aumento da mão de obra e da produtividade do trabalho. Isso acarretou um avanço do IMA das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul mais acelerado que aquele apresentado pelas regiões Norte e Nordeste, ampliando o hiato de modernização entre elas.



Diante disso, a partir da presente pesquisa, foi possível verificar como ocorreu a evolução da modernização agrícola no território brasileiro, indicando quais regiões apresentam maiores e menores graus de modernização. Isso possibilita a identificação de problemas de desenvolvimento e modernização na agricultura, sugerindo a adoção de políticas públicas estratégicas e mais eficazes, por parte da autoridade pública, visando alavancar a modernização agrícola dessas regiões com baixos indicadores. Destaca-se que, com a utilização de uma agricultura mais tecnológica e moderna é possível o aumento da produtividade do campo e da qualidade dos produtos, impactando no aumento da oferta, do consumo interno, das exportações, do preço e da competitividade brasileira frente ao mercado internacional, além de promover o aumento de emprego e renda das famílias e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida da população rural que produz e da população urbana que consome esses produtos.

Por fim, ressalta-se que, diante da complexidade do tema exposto no presente estudo, sugerem-se novas pesquisas visando o aprofundamento do tema modernização agrícola, seja pelo aumento do conjunto de variáveis de análise incluindo fatores que possam captar o desenvolvimento rural, seja pela análise a nível municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. J.; SILVA, R. G. Política agrícola e modernização Rondônia e Acre em evidência. **Revista de Política Agrícola**, v. 20, n. 3, p. 5-18, 2011.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006
- BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. Modernização da agricultura na nova fronteira agrícola do Brasil: Mapitoba e Sudeste do Pará. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 81-102, 2019.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, v. 34, 1997.
- CAIXETA FILHO, J. V. Logística para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, v. 103, p. 18-30, 2010.
- 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
- CASTILLO, R. Agronegócio e Logística em Áreas de Cerrado: expressão da agricultura científica globalizada. **Revista da ANPEGE**, v. 3, n. 03, p. 21-27, 2007.
- CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL; CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA; FEALQ - FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ. **PIB do Agronegócio Cresce 3,81% em 2019**, 2020. Disponível em <
[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf)>
acessado em 01 de ago. de 2021.

- CORRÊA, A. M. C. J.; DE FIGUEIREDO, N. M. S. Modernização da agricultura brasileira no início dos anos 2000: uma aplicação da análise fatorial. **Informe Gepec**, v. 10, n. 2, 2006.
- COSTA, S. E. A.; CAMAROTTO, J.A. An ergonomics approach to citrus harvest mechanization. *Work*, v. 41, p. 5027-5032, 2012.
- DRATH, R.; HORCH, A.; Industrie 4.0: Hit or Hype? **IEEE Industrial Electronics Magazine**. v. 8, n. 2, p. 56-58, Jun. 2014.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, Patrícia. Manual de análise de dados. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- FERREIRA, B. G. C.; FREITAS, M. M. L.; MOREIRA, Gustavo Carvalho. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema de plantio direto. **Revista iPecege**, v. 1, n. 1, p. 39-50, 2015.
- FERREIRA, M. D. Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. Produtividade e fontes de crescimento da agricultura. **Nota Técnica. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica**, 2009.
- GOMES, C. D. **Determinantes das vendas de fertilizantes para a soja no Brasil de 1988 a 2012**. Dissertação (Dissertação em Economia) – FGV. São Paulo, p. 56, 2014.
- HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HENG, S. Industry 4.0: Huge potential for value creation waiting to be tapped. 2014. **Deutsche Bank Research**, 2014.
- 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.; KASSOUF, A. L. Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v. 43 n. 2 p. 273-303, abr./jun. 1989b
- HOFFMANN, R.; KASSOUF, A. L. **Produção e modernização e agropecuária em 332 microrregiões homogêneas do Brasil – 1980**. Piracicaba: ESALQ, 154 p. 1989a
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Agropecuario 2017. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017> > acesso em 20 de jun. de 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612> > acessado em 10 de jan. de 2022.
- KAGEYAMA, A. Produtividade e renda na agricultura familiar: efeitos do PRONAF-crédito. **Agricultura em São Paulo**, v. 50, n. 2, p. 1-13, 2003.
- KHAN, A. S.; SILVA, L. M. R. Assistência técnica, eficiência na utilização dos fatores de produção e da produtividade diferencial em propriedades rurais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 35, n. 2, p. 95-114, 2019.
- LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de Dados Multivariados**. 1º. ed. São

Paulo: Cengage Learning, 2011.

LAZARETTI, L. R. et al. Modernização e desenvolvimento rural nos municípios gaúchos. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 22, 2019.

MARIANI, C. M.; HENKES, J. A. Agricultura orgânica x agricultura convencional soluções para minimizar o uso de insumos industrializados. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 315-338, 2014.

MARTINEZ, R. Q. **Indicadores de sustentabilidade: avanços e desafios para a América Latina**. In: ROMEIRO, A. R. (org.). Avaliação e contabilização de impactos ambientais. São Paulo: Editora da Unicamp, 2004.

MELLO, L. M. R. de. Produção e mercado brasileiro de maçã. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, n. 50).

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>> acessado em 12 de mai. de 2022.

MÜLLER, G. **Complexo agroindustrial e modernização agrária**. Editora da PUC-SP, 1989.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OCDE. Agricultural innovation systems: A framework for analysing the role of the government, 2013. Disponível em <https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-innovation-systems_9789264200593-en> Acesso em 18 de nov. de 2020.

PENTEADO, S.R. Manual de fruticultura ecológica: Técnicas e práticas de cultivo. 2.ed. Campinas: Via Orgânica, 2010.

PEREIRA, A. G. S. S. A; CAMARGO, H. S.; SALOMÃO, P. E. A. Importância do crédito rural e seus benefícios para o produtor e sua região, 2021. Disponível em <https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2021/754_a_importancia_do_credito_rural_e_seus_beneficios_para_o_produtor_e_sua.pdf> acesso em 10 de jun. de 2022.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. **Assistência técnica na agricultura brasileira: Uma análise sobre a origem da orientação técnica por meio do Censo Agropecuário de 2017**. Texto para Discussão, 2021.

PRABHU, R.; COLFER, C. J. P.; DUDLEY, R. G. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Center for International Forestry Research – Toolbox Series, Jakarta, n. 1, 1999.

REBELLO, F. K.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O. Modernização da agricultura nos municípios do Nordeste Paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. **Revista de Economia e Agronegócio/Brazilian Review of Economics and Agribusiness**, v. 9, n. 822-2016-54238, p. 209-232, 2011.



SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. **In: VISÃO PROGRESSISTA DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006. Disponível em < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/417182?mode=full> > acesso em 02 de jun. de 2022.

SHIELDS, D. J.; SOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicator*, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, 2002.

SILVA, A. M.; GREGOLIN, A. C. Agricultura familiar e extensão rural: contribuições para o desenvolvimento rural sustentável. In Melo, C., et.al. **Geração de trabalho e renda, gestão democrática e sustentabilidade nos empreendimentos econômicos e solidários**. Fundação Banco do Brasil, p. 124-140. São Paulo/SP, Publisher Brasil, 2009.

SILVA, R. G.; FERNANDES, E. A. Índice relativo de modernização agrícola na região Norte. **Revista de Economia e Agronegócio/Brazilian Review of Economics and Agribusiness**, v. 3, n. 822-2016-54157, p. 29-49, 2005.

SILVA, R. P. DA, & VIAN, C. E. DE F. Fatores de modernização agropecuária nos municípios brasileiros em 2006. *Análise Econômica*, 39(80), 2021.
<https://doi.org/10.22456/2176-5456.93874>

SIPSAS K; Et. al. Collaborative Maintenance in flow-line Manufacturing Environments: An Industry 4.0 Approach. **Procedia CIRP** (55), p. 236, 2016.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução a Econometria**: uma abordagem moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2019.