

## Modernização agropecuária no Brasil

### *Agricultural modernization in Brazil*

Camila da Silva Gomes<sup>1</sup>, Diego Pierotti Procópio<sup>2</sup>, João Carlos Arruda-Oliveira<sup>3</sup>, Heder José D'avila Lima<sup>4</sup>, Roberto Bevilacqua Borroso da Silva<sup>5</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se investigar os fatores relacionados ao processo de modernização agropecuária no Brasil e determinar o Índice de Modernização Agropecuária (IMA) das microrregiões brasileiras para o ano de 2017. Para o alcance do objetivo proposto, foi utilizada a Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a base de dados utilizada foi o Censo Agropecuário de 2017. Os resultados mostraram que os principais fatores associados à modernização agropecuária no Brasil foram: (a) técnicas produtivas, acesso a serviços de assistência técnica e crédito; (b) rendimentos e despesas totais por pessoal ocupado; (c) posse de equipamento produtivo e rendimento e despesas por área; e (d) acesso ao serviço de energia e posse de equipamento tecnológico de acesso à informação técnica (televisão). Verificou-se uma homogeneidade no nível de modernização agropecuária ao longo do país (coeficiente de variação de 22,87%, menor que 30%). Entretanto, com a maior parte das microrregiões com uma classificação de baixo IMA (347 microrregiões, que representa 62,19% do total nacional), localizadas principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Para que haja uma melhora no nível de modernização agropecuária em determinadas localidades brasileiras, torna-se relevante a elaboração de políticas públicas que promovam uma expansão do acesso aos serviços de assistência técnica e crédito aos produtores rurais e a criação de organizações coletivas (associações, cooperativas, entidades de classe e sindicatos) ao longo do território brasileiro.

**Palavras-chave:** Análise Fatorial Exploratória; Desenvolvimento Rural; Políticas Públicas.

**ABSTRACT:** The objective was to investigate the factors related to the process of agricultural modernization in Brazil and to determine the Agricultural Modernization Index (AMI) of Brazilian microregions for the year 2017. Exploratory Factor Analysis (EFA) was used to achieve the proposed objective, and the database utilized was the 2017 Agricultural Census. The results showed that the main factors associated with agricultural modernization in Brazil were: (a) production techniques, access to technical assistance services and credit; (b) income and total expenses per occupied person; (c) ownership of productive equipment and income and expenses per area; and (d) access to energy services and ownership of technological equipment for accessing technical information (television). There was a homogeneity in the level of agricultural modernization across the country (coefficient of variation of 22.87%, lower than 30%). However, most microregions are classified with a low AMI (347 microregions, representing 62.19% of the national total), mainly located in the North and Northeast regions. To improve the level of agricultural modernization in certain Brazilian localities, it is relevant to formulate public policies that promote the expansion of access to technical assistance and credit services for rural producers and the creation of collective organizations (associations, cooperatives, professional entities, and unions) throughout the Brazilian territory.

**Keywords:** Exploratory Factor Analysis; Rural Development; Public Policies.

**Autor correspondente:** Diego Pierotti Procópio

E-mail: diego.procopio@ufmt.br

Recebido em: 2024-06-01

Aceito em: 2024-09-17

<sup>1</sup> Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

<sup>2</sup> Doutor em Administração pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e do Departamento de Zootecnia e Extensão Rural e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

<sup>4</sup> Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa e professor do Departamento de Zootecnia e Extensão Rural (DZER) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

<sup>5</sup> Mestrando em Ciência Animal pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui relevância na produção agropecuária mundial. No ano safra de 2010/11, a produção nacional de grãos foi de 162,80 milhões de toneladas (t) numa área de 49,87 milhões de hectares (ha) expandiu-se para 319,81 milhões de t (um crescimento de 96,44%) em uma área de 78,54 milhões de ha (um crescimento de 57,49%) na safra de 2022/23 (Conab, 2024). Em 2022, o tamanho do rebanho bovino brasileiro foi de 234,35 milhões de cabeças (IBGE, 2024).

A modernização do setor agropecuário brasileiro teve início na década de 1960, denominada de movimento de Revolução Verde. Consistiu na difusão de um pacote tecnológico, composto por: mecanização agrícola, fertilizantes sintéticos, sementes híbridas, agroquímicos e transgênicos. Mundialmente utilizada com o objetivo de acabar com a fome, por proporcionar um maior rendimento dos sistemas produtivos (Moragas; Schneider, 2003). A modernização do setor agropecuário esteve associada principalmente com a busca pela melhoria da produção através da inserção de tecnologias nas propriedades rurais para alcançar uma maior produtividade da terra e do trabalho (Silva, 2007).

Um dos pilares do processo de modernização do setor agropecuário brasileiro foi o crédito, institucionalizado em 1965 por meio da criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR). Até o ano de 1986, o sistema concedia recursos financeiros para o financiamento da produção e realização de investimentos para o aprimoramento do sistema produtivo da propriedade por meio da aquisição de tratores, colheitadoras, fertilizantes, defensivos químicos, sementes, etc. Dessa forma, o governo criava políticas industriais para a implantação de empresas especializadas na produção de máquinas, equipamentos e insumos tecnológicos para o campo e, de outro, oferecia o crédito para que os agricultores os comprassem (Castro; Pereira, 2020).

A pesquisa e extensão rural tiveram funções essenciais no processo de modernização do setor agropecuário do Brasil. Em 1973, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que permitiu uma ampliação das pesquisas direcionadas ao campo e, em 1975, por meio da criação da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), ocorreu uma reformulação na política de extensão rural no país, que tinha como principal foco a transferência de tecnologias já desenvolvidas para os produtores rurais brasileiros (Vieira Filho; Fishlow, 2017).

A modernização do setor agropecuário brasileiro foi impulsionada principalmente a partir de três vias de ações governamentais: (a) política de crédito subsidiado direcionado ao custeio da lavoura e financiamento de máquinas e equipamentos para as propriedades rurais; (b) política de pesquisa agropecuária que assegurou técnica e economicamente, o uso de insumos modernos (sementes e agroquímicos) e a expansão da mecanização agrícola em diversas localidades ao longo do território brasileiro (adaptando o uso da tecnologia a partir das características edafoclimáticas locais); e, (c) a política de extensão rural que contribuiu para a transferência de tecnologia no campo (Denardin *et al.*, 2014).

O processo de modernização agropecuária no Brasil, ocorreu de forma heterogênea ao longo do território nacional, marcado por um cenário de desigualdade no padrão tecnológico entre as regiões e propriedades rurais. A escassez de recursos financeiros e a falta de assistência técnica foram fatores que contribuíram para esse processo (Souza *et al.*, 2018). A desigualdade regional e produtiva teve origem no processo de modernização do setor agropecuário brasileiro, no qual uma parcela dos agentes econômicos foi capaz de incorporar e de absorver o conteúdo tecnológico. Enquanto, a outra parcela marginalizada de produtores rurais ficou excluída do processo, não somente do ambiente organizacional inovador, mas também dos processos de aprendizado e de difusão de novas técnicas e conhecimentos produtivos (Vieira Filho; Fishlow, 2017).

Existia um padrão heterogêneo de intensidade de modernização agropecuária entre as unidades federativas brasileiras no início da década de 2000. A região Centro-Oeste destacou-se em termos de avanço na intensificação da utilização de capital na atividade agropecuária (Corrêa; Figueiredo, 2006). O estado de São Paulo e as regiões Centro-Oeste e Sul foram as localidades que apresentaram um maior nível de modernização agropecuária no país em 2006 e esse fenômeno esteve relacionado às mudanças tecnológicas que visavam uma maior produtividade da terra e do trabalho, através da utilização de maquinários da área de logística e transporte para o aprimoramento do processo de escoamento da produção e outras variáveis financeiras compreendidas em investimento, valor da produção e despesas (Costa *et al.*, 2012).

Numa avaliação da modernização agropecuária na região Norte do país para o ano de 2006, os principais fatores que contribuíram para a modernização foram as despesas agrícolas (insumos tecnológicos, como os adubos, fertilizantes, sementes, corretivos, defensivos e medicamentos para animais), o uso da terra e o trabalho intensivo. Os estados de Rondônia, Tocantins e o leste e oeste do Pará foram as localidades que apresentaram os maiores Índices de Modernização Agrícola (IMA), em contraponto com o Acre, Amazonas, Amapá e Roraima. Sendo assim, numa avaliação apenas da região Norte, foi verificada uma desigualdade entre as unidades federativas quanto ao nível de intensidade tecnológica das propriedades rurais (Lobão; Staduto, 2020).

Diante de tais considerações, as questões da presente pesquisa foram: (a) quais são os principais fatores associados ao processo de modernização agropecuária nas microrregiões brasileiras em 2017?; e, (b). Quais as microrregiões brasileiras apresentaram os maiores níveis de intensidade de modernização agropecuária em 2017? Objetivou-se, portanto, investigar os fatores associados ao processo de modernização agropecuária do Brasil e determinar o Índice de Modernização Agropecuária (IMA) para as microrregiões brasileiras em 2017.

A principal contribuição da presente pesquisa é a determinação dos fatores associados ao processo de modernização agropecuária no país e, com a elaboração do IMA, será possível identificar quais localidades apresentaram um baixo padrão tecnológico no campo em 2017. Esse tipo de avaliação é importante para a elaboração de políticas públicas de difusão tecnológica no país (Procópio *et al.*, 2024), bem como contribui para a garantia da segurança alimentar e nutricional das populações mais vulneráveis (Pretty *et al.*, 2011) e proporciona uma evolução dos sistemas produtivos agropecuários que são afetados pelos efeitos das mudanças climáticas (Campbell *et al.*, 2016; Buainain; Silveira, 2017).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA (AFE)

A Análise Fatorial (AF) é uma técnica estatística multivariada que busca, por meio de um grupo de variáveis, a identificação de dimensões de variabilidade comuns existentes em um conjunto de fenômenos, sendo composta por dois métodos, a Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a Análise Fatorial Confirmatória (AFC). A AFE parte do pressuposto da ausência de conhecimento prévio por parte do pesquisador sobre a relação de dependência entre as variáveis. A AFC parte do pressuposto de que o pesquisador já possui um conhecimento prévio do relacionamento existente entre as variáveis observadas e os fatores latentes (Bezerra, 2007).

O princípio básico da AFE é a redução do número original de variáveis, através da extração de fatores independentes, de tal modo que estes fatores possam explicar, de forma simples e reduzida, as variáveis

originais. A AFE foi realizada por meio do método de componentes principais, onde o primeiro fator possui o maior percentual de explicação da variância total do grupo de variáveis. Em sequência, o segundo fator possui o segundo maior percentual e, assim, sucessivamente para a quantidade de fatores selecionados. Os fatores calculados não são correlacionados entre si (Ferreira Junior *et al.*, 2004).

O método de AFE pode ser representado matematicamente por meio da Equação 1 (Bezerra, 2007):

$$X_i = \alpha_{i1}F_1 + \alpha_{i2}F_2 + \alpha_{i3}F_3 + \dots + \alpha_{ij}F_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que:

$X_i$  = representa o conjunto de variáveis padronizadas;

$\alpha_i$  = são as cargas fatoriais;

$F_j$  = são os fatores comuns não relacionados entre si; e,

$\varepsilon_i$  = é um erro que representa a parcela de variação da variável que é exclusiva dela e não pode ser explicada por um fator nem por outra variável do conjunto analisado.

A raiz característica, medida conhecida como *Eigenvalue*, propõe uma avaliação objetiva do número de fatores a serem retidos e cada um desses apresenta um autovalor que se refere ao total de variância explicada por este fator. A decisão sobre o número de fatores a serem escolhidos depende do valor da raiz característica, um componente com raiz característica  $< 1$  (menor que uma unidade) apresenta um total de variância explicada menor do que um único item. Como o objetivo das análises fatoriais é reduzir um determinado número de variáveis observadas em um número menor de fatores, apenas fatores com raiz característica  $> 1$  (maior que uma unidade) são escolhidos (Damásio, 2012). Para aprimorar a interpretação dos fatores extraídos na AFE, optou-se por aplicar uma rotação ortogonal usando o método *Varimax*. Esse tipo de rotação é o mais comumente utilizado, pois esse método procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator (Pallant, 2007).

O quadrado das cargas fatoriais auxilia na compreensão da influência de cada fator específico na variância total de uma variável escolhida na AFE, enquanto a *comunalidade*, estimada pela soma dos quadrados das cargas fatoriais de todas as variáveis, representa a parcela da variância total de cada variável que é explicada pelo conjunto de fatores comuns selecionados com base no critério da raiz característica (Ferreira Junior *et al.*, 2004).

Para avaliar a adequação da AFE, foram conduzidos os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e esfericidade de Bartlett. O teste KMO, também conhecido como índice de adequação da amostra, é um teste estatístico que indica a quão adequada é a aplicação da AFE para o conjunto de dados (Hair *et al.*, 2009). O coeficiente KMO varia de zero a um, sendo os valores próximos a zero indicação da não adequabilidade da análise, o recomendável é que esses valores sejam superiores a 0,50. Por outro lado, o teste de *Bartlett*, para avaliar se os dados são apropriados para uma AFE, utiliza-se da verificação da hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. Se essa hipótese for rejeitada, a condução da AFE é justificada (Ferreira Junior *et al.*, 2004).

O último estágio da análise fatorial, após a obtenção das cargas fatoriais e da identificação dos fatores, consiste na estimação dos escores fatoriais. Esses escores são frequentemente utilizados na construção de índices, para realizar diagnósticos ou como entrada em análises subsequentes. Existem dois métodos comuns para estimar os escores fatoriais: o método dos mínimos quadrados ponderados e o método de regressão (Johnson; Wichern, 2008). Sendo utilizado para estimar os escores fatoriais um método análogo ao da regressão. O escore para cada observação (microrregião) foi determinado multiplicando-se o valor

padronizado das variáveis pelo coeficiente do escore fatorial correspondente. Demonstrado na Equação 2, a expressão geral para estimar o  $j$ -ésimo fator,  $F_j$ , é dada por:

$$F_j = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + W_{j3}X_3 + \dots + W_{jp}X_p \quad (2)$$

Em que:

$W_{jp}$  = são os coeficientes dos escores fatoriais;

$p$  = número de variáveis.

Os escores fatoriais de cada fator possuem uma distribuição normal, com média igual a zero e variância unitária. E, desse modo, podem ser utilizadas para indicar a posição relativa de cada observação (microrregião) ao conceito expresso pelo fator. Assim, a partir da matriz de escores fatoriais, é possível desenvolver um índice para a hierarquização das observações (Melo; Parré, 2007).

É necessário que os escores fatoriais tenham uma padronização, sendo distribuídos simetricamente em torno da média zero. Para garantir que os altos escores negativos não interfiram na magnitude do IMA e todos os fatores sejam ortogonais e positivos, a padronização restringi seus valores entre o intervalo de zero e um (Lemos, 2001). Essa interpolação é essencial visando uma melhor distribuição ao longo da classificação do índice (Lobão; Staduto, 2020). Realizou-se a transformação dos escores fatoriais conforme a Equação 3:

$$F_{ji} = \frac{F_{ji} - F_{ji}^{min}}{F_j^{max} - F_j^{min}} \quad (3)$$

Em que:

$F_{ji}$  = relacionam-se com os escores fatoriais;

$F_j^{max}$  = valor máximo do escore fatorial associado as microrregiões;

$F_j^{min}$  = valor mínimo do e-score fatorial associado as microrregiões.

Por meio dos escores fatoriais foi possível determinar o IMA, através de uma combinação linear dos escores e a proporção da variância explicada pelos fatores em relação à variância comum (Lima *et al.*, 2022). Desenvolveu-se então o IMA a partir da Equação 4 (Lobão; Staduto, 2020):

$$IMA_i = \sum_{k=1}^n \frac{\lambda_k}{\sum \lambda_k} F_{ji} \quad (4)$$

Em que:

$\lambda_k$  = representa a  $k$ -ésima raiz característica;

$n$  = quantidade de fatores selecionados com a raiz característica maior que uma unidade; e,

$\sum \lambda_k$  = somatório das raízes características referentes aos  $n$  fatores selecionados.

O IMA foi alcançado por meio do somatório de  $n$  fatores extraídos, estando estes ponderados por suas respectivas participações relativas na explicação da variância total capturada pelo conjunto de fatores obtidos previamente, conforme Lavorado e Fernandes (2016). Após calcular o IMA, as microrregiões brasileiras foram hierarquizadas e classificadas, com base em cinco critérios diferentes, em relação ao IMA, conforme descrito no Quadro 1 (Lobão; Staduto, 2020).

**Quadro 1.** Classificação do IMA

Classificação	Critério
Modernização muito alta (MMA)	Maior que a média + 2 desvios-padrão
Modernização alta (MA)	Entre 1 e 2 desvios-padrão acima da média.
Modernização regular (MR)	Entre a média e 1 desvio-padrão acima da média
Modernização baixa (MB)	Entre a média e 1 desvio-padrão abaixo da média
Modernização muito baixa (MMB)	Menor que 1 desvio-padrão abaixo da média

Fonte: Lobão e Staduto (2020).

Cada microrregião brasileira terá um valor de IMA associado aos escores fatorais e raiz características dos fatores extraídos. A partir deste valor, foi feita uma classificação a partir de cinco níveis (MMA, MA, MR, MB e MMB – Quadro 1) com o objetivo de verificar o nível de modernização agropecuária das microrregiões brasileiras. Para isso, na próxima seção são fornecidas as informações das variáveis observáveis que foram selecionadas para a realização da Análise Fatorial Exploratória (AFE).

## 2.2 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E FONTE DE DADOS

Para avaliar o nível de intensificação agropecuária nas microrregiões brasileiras considerou-se um conjunto de variáveis relacionadas às características das propriedades rurais e do ambiente na qual estão inseridas (Quadro 2).

**Quadro 2.** Variáveis utilizadas para a elaboração do IMA das microrregiões do Brasil

(Continua)

Identificação	Descrição
X1	Total de estabelecimentos que praticam a rotação de cultura (unidades) / TE
X2	Total de estabelecimentos que realizam o sistema de plantio direto na palha (unidades) / TE
X3	Total de estabelecimentos que fez adubação (química e orgânica) (unidades) / TE
X4	Total de estabelecimentos com acesso ao serviço de assistência técnica de cooperativas (unidades) / TE
X5	Total de estabelecimentos com acesso à energia elétrica (unidades) / TE
X6	Total de estabelecimentos com acesso à crédito por bancos (incluem também recursos financeiros provenientes de linhas de crédito rural, como o PRONAF, PROCERA, etc.) (unidades) / TE
X7	Total de estabelecimentos com acesso à crédito por cooperativas de crédito (unidades) / TE
X8	Total de estabelecimentos que participam de organizações coletivas - cooperativas (unidades) / TE
X9	Total de estabelecimentos com acesso a informação - televisão (unidades) / TE
X10	Valor bruto da produção dos estabelecimentos (unidades) / TE
X11	Valor bruto da produção dos estabelecimentos (unidades) / AE
X12	Valor bruto da produção dos estabelecimentos (unidades) / PO
X13	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / TE



(Conclusão)

Identificação	Descrição
X14	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / AE
X15	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / PO
X16	Total de estabelecimentos com tratores (unidades) / AE

Nota: AE – área dos estabelecimentos em hectares, PO – pessoal ocupado em unidades, TE – total de estabelecimentos em unidades.

Fonte: Censo Agropecuário (2017).

A rotação de culturas pode ser definida pela alternância ordenada de diferentes tipos de culturas e pastagens, em determinado espaço do tempo (geralmente safra agrícola), na mesma área e na mesma estação do ano (Isga, 2010; Franchini *et al.*, 2011). Em áreas com rotação de culturas, a alternância de diferentes tipos de plantas (culturas e pastagens) pode aumentar o teor de matéria orgânica, promover um maior fluxo de nutrientes e possibilitar uma maior exploração de diferentes camadas do solo. Pode prevenir a ocorrência de problemas como a compactação e erosão do solo (Isga, 2010). Promove benefícios como o aumento da produtividade das culturas e pastagens, melhorias nas qualidades físicas e disponibilidade de matéria orgânica no solo (Bullock, 1992).

Uma das premissas básicas do sistema de plantio direto na palha (SPD), é a adoção de rotação de culturas, com preferência para culturas comerciais (soja, milho, arroz, feijão e sorgo), adubos verdes (crotalária, mucuna, feijão guandu) e gramíneas (milheto e *Urochloa*), essas proporcionam cobertura eficiente do solo, além de elevada ciclagem de nutrientes e aumentam a eficiência produtiva das próximas culturas (Silva *et al.*, 2006).

No SPD (X2), o solo não é revolvido. No processo de semeadura e adubação, esses insumos são colocados diretamente no solo utilizando-se maquinários apropriados (Silveira *et al.*, 2015). Esse sistema proporciona benefícios como: (a) melhoria da fertilidade do solo devido ao aumento da quantidade de matéria orgânica; (b) melhor condicionamento físico do solo, reduzindo a erosão; (c) aumento da ciclagem de nutrientes no solo, resultando em um uso mais eficiente de fertilizantes e corretivos; e, (d) incremento no teor de umidade do solo (Passos *et al.*, 2018).

O objetivo da adubação (X3) é suprir o *déficit* que pode ser encontrada entre a necessidade de nutrientes pelas plantas e o que é disponibilizado pelo solo. A adubação, quando realizada corretamente, não apenas aumenta o nível de produtividade, mas proporciona uma melhora nos atributos do solo. Essa melhoria nutricional também é responsável por conferir à planta uma maior resistência a ataques de pragas e doenças. Do ponto de vista econômico, é importante que a adubação seja adequada para ser economicamente viável e compensatória (Malavolta *et al.*, 2000).

A utilização de fertilizantes (X3) deve ser realizada exclusivamente por meio de recomendação técnica elaborada de acordo com as necessidades das plantas da área de cultivo, das condições edafoclimáticas da propriedade rural e da disponibilidade do produto no mercado (Isga, 2010). Os fertilizantes são considerados insumos essenciais à atividade agropecuária como forma de evitar a degradação dos solos (Mulwa *et al.*, 2021).

O acesso ao serviço de assistência técnica (X4) é importante para os produtores, possibilitando que tenham contato com novas informações e tecnologias, facilitando o aprendizado e a implementação desses novos conhecimentos de forma apropriada nas propriedades rurais, contribuindo também com propostas de atividades agrícolas viáveis economicamente. No entanto, a prestação desse serviço enfrenta desafios devido às diversas condições sociais, econômicas, educacionais e culturais das áreas atendidas, o que torna o

processo complexo e dependente das características de cada região do país. No setor agropecuário, a adoção de tecnologia é uma etapa separada do processo de geração, e os desafios enfrentados são responsáveis por acelerar, retardar ou até mesmo tornar inviável a adoção por certos grupos de produtores (Souza Filho *et al.*, 2011).

O acesso ao serviço de energia elétrica (X5) é fundamental para a utilização de dispositivos tecnológicos na propriedade rural, como computadores e maquinários, que desempenham um papel crucial no gerenciamento das atividades agrícolas (Olimpio *et al.*, 2022). O acesso ao crédito (X6 e X7) é importante para auxiliar o produtor na realização de investimentos e incorporação de tecnologia na propriedade rural (Läpple *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2021). As cooperativas de crédito (X7) se destacam como instituições alternativas no fornecimento de serviços financeiros, apresentando características únicas em comparação com os bancos, assumindo riscos de suas aplicações em prol dos produtores (Jacques; Gonçalves, 2016).

A participação dos produtores rurais em organizações coletivas, como cooperativas (X8), pode contribuir para o acesso dos indivíduos às informações técnicas, também possibilitando o acesso a serviços de assistência técnica e crédito. O acesso à informação técnica por meio do aparelho de televisão (X9) é uma das importantes formas para os produtores rurais adquirirem conhecimento e tecnologias que possibilitem uma melhora no desempenho econômico das propriedades rurais (Souza Filho *et al.*, 2011).

A disponibilidade de recursos financeiros é um componente crucial para a realização de experimentos, a adoção de tecnologia e os investimentos na propriedade rural (Pannell *et al.*, 2006; Weersink; Fulton, 2020). O valor bruto da produção (X10; X11; X12) e o total de despesas (X13; X14; X15) foram determinantes na modernização agropecuária no Estado de São Paulo e Regiões Centro-Oeste e Sul (Costa *et al.*, 2012), na parte da Região Norte (Lobão e Staduto, 2020) no ano de 2006 e no Mato Grosso do Sul no ano de 2017 (Procópio *et al.*, 2023). A presença de tratores (X16) na propriedade rural é essencial para a implementação de práticas produtivas e aplicação de insumos nas áreas de cultivo. (Pannell *et al.*, 2006).

As variáveis foram normalizadas em relação à área dos estabelecimentos (AE), ao pessoal ocupado (PO) ou ao número total de estabelecimentos (TE), conforme recomendado por Lavorato e Fernandes (2016) e Lobão e Staduto (2020). A fonte de dados utilizada foi o Censo Agropecuário de 2017, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o local de estudo foram as 558 microrregiões brasileiras. Para a operacionalização das análises estatísticas e elaboração do mapa, foram utilizados os softwares Statistical Package of Social Science (SPSS)® versão 25, e o GeoDa®, respectivamente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do teste de KMO foi de 0,725, o que sugere que os dados são apropriados para a construção do IMA para as microrregiões brasileiras. É importante observar que o valor da estatística KMO deve ser superior a 0,50 (Ferreira Junior *et al.*, 2004). Por meio do teste de esfericidade de Bartlett foi possível rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade (Hair *et al.*, 2009). Portanto, com base nos testes conduzidos, foi possível verificar que as variáveis selecionadas foram apropriadas para a realização da AFE.

Através da rotação ortogonal pelo método de *Varimax*, foram extraídos 4 fatores com raiz característica superior a uma unidade. O primeiro fator (F1) possuiu a capacidade de explicar 41,78% da variância total, seguido de F2 com um valor de 18,39%, F3 com 13,19% e F4 com 7,8%. De forma conjunta, os quatro fatores explicaram 81,17% da variância total das variáveis selecionadas (Tabela 1).



**Tabela 1.** Raiz característica e percentual de variância explicada em cada fator

Fator	Raiz Característica	Variância explicado pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
F1	6,686	41,786	41,786
F2	2,943	18,395	60,181
F3	2,111	13,193	73,374
F4	1,248	7,8	81,174

Fonte: Resultado da pesquisa

A comunalidade representa a proporção da variância total de cada variável que é explicada pelo conjunto de fatores selecionados por meio do critério da raiz característica (Ferreira Junior et al., 2004). Quanto maior o valor da comunalidade, maior será a relação existente entre as variáveis observáveis e o fenômeno analisado (Lobão; Staduto, 2020). Sendo assim as variáveis que desempenharam maior influência sobre o nível de modernização agropecuária das microrregiões brasileiras, foram as variáveis X2, X5, X7, X8, X10, X11, X12, X13, X14, X15 e X16, por possuírem um valor de comunalidade superior a 0,800 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Cargas fatoriais e comunalidades dos indicadores socioeconômicos relacionados a modernização agropecuária nas microrregiões brasileiras em 2017

Variável	F1	F2	F3	F4	Comunalidade
X1	<b>0,720</b>	-0,006	0,305	0,111	0,623
X2	<b>0,910</b>	0,091	0,070	0,041	<b>0,843</b>
X3	<b>0,573</b>	0,055	0,396	0,333	0,600
X4	<b>0,860</b>	0,176	0,157	0,039	0,797
X5	0,089	0,100	0,070	<b>0,918</b>	<b>0,866</b>
X6	<b>0,639</b>	0,186	0,040	0,351	0,568
X7	<b>0,891</b>	0,076	0,077	0,085	<b>0,813</b>
X8	<b>0,823</b>	0,279	0,168	0,172	<b>0,813</b>
X9	0,343	0,214	-0,069	<b>0,770</b>	0,761
X10	0,097	<b>0,951</b>	0,043	0,055	<b>0,920</b>
X11	0,101	0,106	<b>0,937</b>	-0,055	<b>0,903</b>
X12	0,224	<b>0,909</b>	0,059	0,143	<b>0,899</b>
X13	0,068	<b>0,948</b>	0,093	0,061	<b>0,915</b>
X14	0,212	0,299	<b>0,859</b>	0,021	<b>0,872</b>
X15	0,171	<b>0,934</b>	0,092	0,164	<b>0,937</b>
X16	0,243	-0,106	<b>0,886</b>	0,067	<b>0,860</b>

Fonte: Resultado da pesquisa.

As cargas fatoriais representam a correlação entre as variáveis observáveis e os fatores extraídos pelo método da AFE. Quanto maior o valor absoluto da carga fatorial, mais importante a carga na interpretação da matriz fatorial (Hair *et al.*, 2009). Logo, os valores superiores a 0,50 foram destacados em negrito, assinalando os indicadores mais fortemente associados a cada fator correspondente.

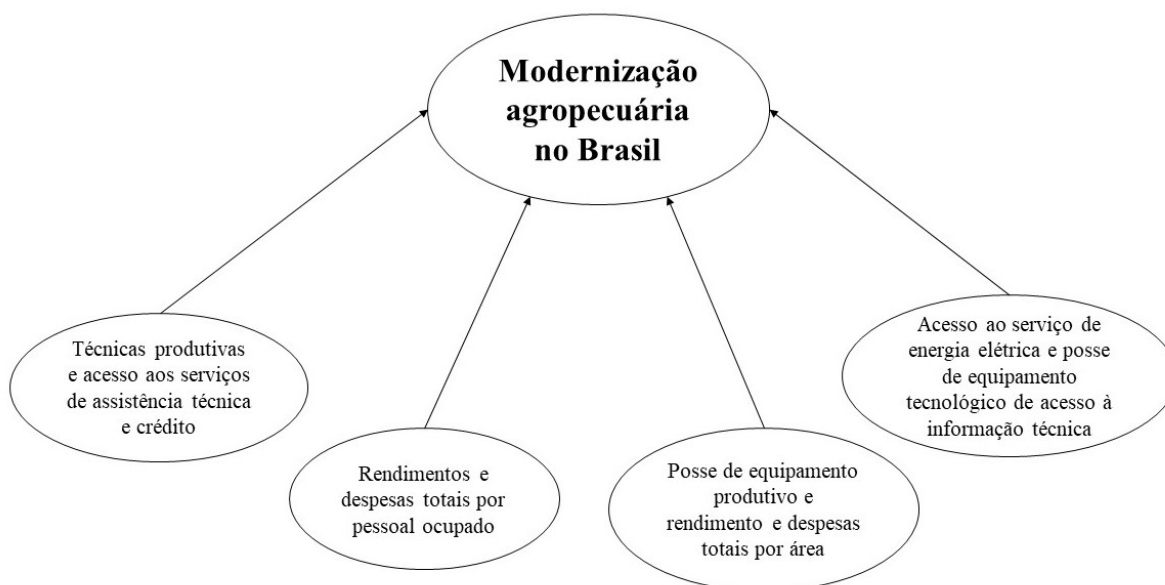
O primeiro fator (F1) foi denominado de “*Técnicas produtivas e acesso aos serviços de assistência técnica e crédito*” e foi composto pelas variáveis X1, X2, X3, X4, X6, X7 e X8. O primeiro grupo de variáveis (X1, X2, X3) representam o uso de tecnologias (rotação de cultura, sistema de plantio direto na palha e adubação) com o objetivo de promover um aumento da produtividade do sistema de produção. O uso desse tipo de tecnologia de forma sustentável é importante, pois minimiza problemas como a baixa fertilidade, erosão do solo e a ocorrência de pragas e doenças nas áreas de cultivo (Manda *et al.*, 2016). A adubação (X3) deve ser realizada de acordo com a recomendação técnica (ISGA, 2010). A rotação de culturas (X1) e o sistema de plantio direto na palha (X2) são práticas produtivas importantes que colaboram para a conservação do solo e para a manutenção da produtividade dos sistemas agropecuários (Degani *et al.*, 2019; Volsi *et al.*, 2022; Foloni *et al.*, 2023).

O segundo fator (F2) foi composto pelas variáveis X10, X12, X13 e X15 e foi denominado de “*Rendimentos e despesas totais por pessoal ocupado*”. As despesas totais e o valor bruto da produção da atividade agropecuária estiveram associadas à modernização agropecuária em estados da Região Norte (Lobão; Staduto, 2020), no Estado de São Paulo e Regiões Centro-Oeste e Sul (Costa *et al.*, 2012), ambos no ano de 2006 e em Mato Grosso do Sul (Procópio *et al.*, 2023) no ano de 2017. Nesse sentido, foram selecionadas as variáveis valor bruto de produção (X10 e X12) e valor total das despesas (X13 e X15).

O terceiro fator (F3) foi denominado de “*Posse de equipamento produtivo e rendimento e despesas totais por área*” e composto pelas variáveis X11, X14 e X16. A presença de equipamentos produtivos (tratores) (X16) é importante para a implementação de práticas produtivas e aplicação de insumos nas áreas de cultivo (Pannell *et al.*, 2006). O valor bruto de produção pela área (X11) e valor total das despesas pela área (X14) estiveram associadas à modernização agropecuária no estado de Mato Grosso do Sul (Procópio *et al.*, 2023).

Por fim, o quarto fator (F4) foi composto pelas variáveis X5 e X9 e foi denominado de “*Acesso ao serviço de energia elétrica e posse de equipamento tecnológico de acesso à informação técnica*”. O acesso ao serviço de energia elétrica esteve associado à modernização agropecuária na região Centro-Oeste em 2006 (Lavorato; Fernandes, 2006) e, em Mato Grosso do Sul (Procópio *et al.*, 2023) e é importante para auxiliar no uso de máquinas e equipamentos que podem auxiliar o processo de gerenciamento da propriedade rural (Olimpio *et al.*, 2022). As informações técnicas desempenham um importante papel no processo de distinção de oportunidades potencialmente valiosas de outras de valor inferior e na capacidade de explorá-las efetivamente (Souza Filho *et al.*, 2011). No Brasil, a disponibilidade de televisão (X9) nas propriedades rurais esteve associada à modernização agropecuária nas microrregiões brasileiras.

A modernização agropecuária das microrregiões brasileiras no ano de 2017 esteve associada à quatro componentes: (a) técnicas produtivas e acesso aos serviços de assistência técnica e crédito; (b) rendimentos e despesas totais por pessoal ocupado; (c) posse de equipamento produtivo e rendimento e despesas totais por área; e (d) acesso ao serviço de energia elétrica e posse de equipamento tecnológico de acesso à informação técnica (Figura 1).

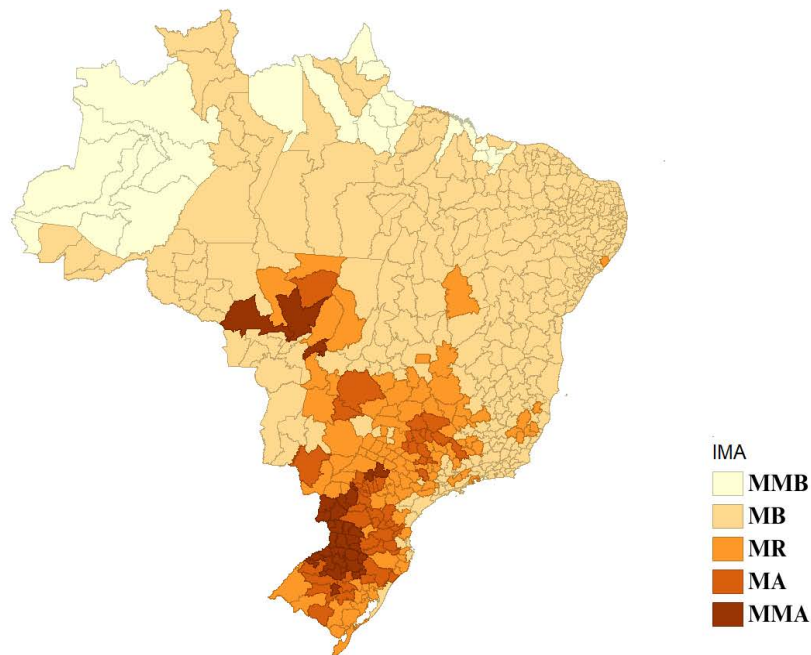


**Figura 1.** Componentes da modernização agropecuária das microrregiões brasileiras em 2017.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A média do Índice de Modernização Agrícola (IMA) das microrregiões brasileiras foi de 0,28 e o coeficiente de variação (CV) foi de 22,87%, um coeficiente de variação menor que 30%, conforme indicado por Fávero e Belfiore (2017), indicando uma homogeneidade no nível de modernização agropecuária ao longo do território brasileiro. Essa homogeneidade representa uma distribuição mais igual na intensidade tecnológica agropecuária no Brasil. Esse cenário é contrário ao padrão heterogêneo de intensidade de modernização agropecuária observado entre nas microrregiões brasileiras nos anos de 1975 e 1980 (Hoffmann, 1992) e nas unidades federativas brasileiras nos anos 1995/96, início da década de 2000, (Corrêa; Figueiredo, 2006) e no ano de 2006 (Costa *et al.*, 2012).

No entanto, a maior parte das microrregiões brasileiras foram classificadas com uma modernização baixa (MB – 347 microrregiões), com uma participação de 62,19% do total do país, seguida das classificadas com uma modernização regular (MR – 103 microrregiões), com uma participação de 18,46% do total nacional (Figura 2). O baixo nível da modernização agropecuária foi representativo em maior parte na Região Norte (Lobão; Staduto, 2020) e Nordeste (Santos; Campos, 2021). Fato que pode ser explicado pelo desfavorecimento dessas regiões em termos de políticas setoriais para tecnificação do setor agropecuário durante as décadas de 1970 e 1980, ocasionando um crescimento desigual no padrão tecnológico ao longo do território brasileiro (Vieira Filho; Fishlow, 2017).



**Figura 2.** Distribuição geográfica do IMA entre as microrregiões brasileiras para o ano de 2017.

Fonte: Resultado da pesquisa

As demais classificações foram de modernização alta (MA – 51 microrregiões) (9,14% do total do país), muito alta (MMA – 32 microrregiões) (5,73% do total do país) e muito baixa (MMB – 25 microrregiões) (4,48% do total do país) (Figura 2). As microrregiões com os maiores níveis de modernização agropecuária estiveram localizadas na Região Sul. Os maiores valores do IMA foram em Não-Me-Toque (RS) com 0,59 e Floráí (PR) com 0,56.

O desenvolvimento agrícola na Região Sul pode ser explicado pelas contribuições do cooperativismo, usado como estratégia entre pequenos produtores da agricultura familiar, de modo que esses que são menos favorecidos possam superar suas limitações de produção e principalmente visando a melhoria da renda, do patrimônio e da qualidade de vida das famílias. O cooperativismo também se estende para os médios e grandes proprietários rurais da região, sendo motivados pelo contexto da globalização e do aumento da competitividade a estimularem as organizações cooperativas como forma de superar seus problemas organizacionais. (Tomazzoni; Schneider, 2022).

As microrregiões com os menores níveis de modernização agropecuária estiveram localizadas nas regiões Nordeste e Norte, sendo respectivamente: Fernando de Noronha (PE) com IMA de 0,19 e Rio Negro (AM) com IMA de 0,20. O Arquipélago de Fernando de Noronha é um dos principais destinos turísticos do Brasil, tendo a maior parte da economia baseada no turismo local. A atividade agropecuária nesta localidade é considerada de subsistência e é exercida de forma rústica e com baixa produtividade (Brasil, 2007).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modernização agropecuária no Brasil pode ser considerada um fenômeno complexo e multidimensional. Sendo influenciada pelos fatores: (a) técnicas produtivas e acesso aos serviços de assistência e crédito; (b) rendimentos e despesas totais por pessoal ocupado; (c) posse de equipamento produtivo e rendimento e despesas totais por área; e, (d) acesso ao serviço de energia elétrica e posse de

equipamento tecnológico de acesso à informação técnica. Foi possível constatar uma homogeneidade no nível de intensidade de modernização do setor agropecuário ao longo do território brasileiro para o ano de 2017. Entretanto, a maior parte das microrregiões brasileiras apresentaram um baixo nível de modernização agropecuária (MB e MMB – 372 microrregiões, representando 66,67% do total nacional).

As microrregiões que apresentaram os maiores níveis de modernização agropecuária em 2017, foram: Não-Me-Toque (RS), Florai (PR), Cruz Alta (RS), Passo Fundo (RS), Ijuí (RS), Carazinho (RS), Pato Branco (PR), Toledo (PR), Erechim (RS) e Sananduva (RS) localizadas na região Sul do país. Por outro lado, as microrregiões que tiveram os menores níveis de modernização foram: Fernando de Noronha (PE), Rio Negro (AM), Japurá (AM), Rosário (MA), Baixo Parnaíba Maranhense (MA), Oiapoque (AP), Coelho Neto (MA), Alto Solimões (AM), Boca do Acre (AM) e Chapadinha (MA) localizadas nas regiões Nordeste e Norte. Resultado este que retrata um pouco a desigualdade existente entre as regiões brasileiras quanto ao padrão tecnológico das propriedades rurais.

A maior parte das microrregiões brasileiras apresentaram um baixo nível de modernização agropecuária e a tecnologia se mostrou um importante componente para a mudança dessa realidade em algumas localidades brasileiras. Dentre os tipos de tecnologias selecionadas, destacaram-se as práticas produtivas de rotação de culturas e sistema de plantio direto na palha e o uso de fertilizantes. Dessa forma, a elaboração de políticas públicas com intuito de incentivar a difusão tecnológica no Brasil, pode contribuir para aumentar o nível de modernização agropecuária nas microrregiões brasileiras.

Dentre os tipos de políticas públicas que podem promover a modernização agropecuária no país, destacam-se: (a) expansão de linhas de crédito de custeio e investimento para os produtores rurais (os indivíduos terão condições de realizar implantar novas práticas produtivas e fazer o uso de insumos na área de cultivo e comprar máquinas e equipamentos para modernizar a estrutura produtiva da propriedade); (b) incentivar a criação de organizações coletivas (associações, cooperativas, entidades de classe e sindicatos) como forma de estimular o acesso à informação de novas tecnologias entre os produtores rurais, bem como ampliar o acesso ao crédito e a assistência técnica no campo; e, (c) expansão do serviço de assistência técnica aos produtores rurais com o intuito de auxiliar no processo de adoção de tecnologia.

Uma das principais limitações da presente pesquisa foi a exclusão não intencional de alguma variável que possa contribuir para o fenômeno de modernização agropecuária no Brasil. Além disso, foi feita uma avaliação para o setor agropecuário de um modo em geral, sem discriminar as categorias de produtores rurais (familiares e não familiares). Sendo assim, recomenda-se a realização de novos estudos de determinação dos fatores associados à modernização agropecuária das microrregiões brasileiras para os produtores classificados como familiares e não familiares. Bem como, a realização de estudos sobre a modernização agropecuária para cada unidade federativa e região do país.

## REFERÊNCIAS

- BEZERRA, F. A. Análise Fatorial. In: CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Coord.). **Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia** (pp. 73-130). São Paulo: Editora Atlas, 2007.
- BRASIL, H. S. Turismo, saúde e qualidade de vida em Fernando de Noronha/PE. 2007. 222f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **Manual de avaliação de riscos na agropecuária: um guia metodológico**. Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017.

BULLOCK, D. G. Crop rotation. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 11, n. 4, p. 308-326, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689209382349>

CAMPBELL, B. M.; VERMEULEN, S. J.; AGGARWAL, P. K.; CORNER-DOLLOFF, C.; GIRVETZ, E.; LOBOGUERRERO, A. M.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; ROSENSTOCK, T.; SEBASTIAN, L.; THORNTON, P. K.; WOLLENBERG, E. Reducing risks to food security from climate change. **Global Food Security**, v. 11, p. 34-43, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. **Estado e desenvolvimento rural**. Rio de Janeiro: IPEA, 2020. (Texto para discussão número 2564)

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica de safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/908-graos-por-produtos>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

CORRÊA, A. M. C. J.; FIGUEIREDO, N. M. S. Modernização da agricultura brasileira no início dos anos 2000: uma aplicação da Análise Fatorial. **Revista GEPEC**, v. 10, n. 2, p. 82-99, 2006. DOI: <https://doi.org/10.48075/gepec.v10i2.394>

COSTA, C. C. M.; REIS, P. R. C.; FERREIRA, M. A. M.; MOREIRA, N. C. Modernização agropecuária e desempenho relativo dos estados brasileiros. **Agroalimentaria**, v. 18, n. 34, p. 43-56, 2012.

DAMÁSIO, B. F. Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. **Avaliação Psicológica**, v. 11, n. 2, p. 213-228, 2012.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; COGO, N. P. Agricultura conservacionista no Brasil: uma análise do conceito à adoção. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Editores técnicos). **Agricultura conservacionista no Brasil** (pp. 23-41). Brasília: EMBRAPA, 2014.

DEGANI, E.; LEIGH, S. G.; BARBER, H. M.; JONES, H. E.; LUKAC, M.; SUTTON, P.; POTTS, S. G. Crop rotations in a climate change scenario: short-term effects of crop diversity on resilience and ecosystem service provision under drought. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 285, 106625, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106625>

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. São Paulo: Elsevier, 2017. 1187p.

FERREIRA JUNIOR, S.; BAPTISTA, A. J. M. S.; LIMA, J. E. A modernização agropecuária nas mesorregiões do estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 1, p. 73-89, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032004000100004>

FOLONI, J. S. S.; SILVA, S. R.; ABATI, J.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; NOGUEIRA, M. A.; BASSOI, M. C. Yield of soybean-wheat succession in no-tillage system and soil chemical properties affected by liming, aluminum tolerance of wheat cultivars, and nitrogen fertilization. **Soil and Tillage Research**, v. 226, 105576, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105576>

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina, EMBRAPA, 2009.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.



HOFFMANN, R. 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.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2022>. Acesso em: 15 de maio de 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

ISGA – INTERNATIONAL SOYBEAN GROWERS ALLIANCE. **Manual de melhores práticas agrícolas, ano de 2010**. Disponível em: [http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual\\_de\\_Melhores\\_Praticas\\_Agricolas.pdf](http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual_de_Melhores_Praticas_Agricolas.pdf). Acesso em: 23 de maio de 2024.

JACQUES, E. R.; GONÇALVES, F. D. O. Cooperativas de crédito no Brasil: evolução e impacto sobre a renda dos municípios brasileiros. **Economia e Sociedade**, v. 25, n. 2, p. 489-509, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3533.2016v25n2art2>

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Madison: Prentice Hall International, 2008.

KUMAR, A.; HAZRANA, J.; NEGI, D. S.; BIRTHAL, P. S.; TRIPATHI, G. Understanding the geographic pattern of diffusion of modern crop varieties in India: a multilevel modeling approach. **Food Security**, v. 13, p. 637-651, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01114-y>

LÄPPLE, D.; RENWICK, A.; THORNE, F. Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: evidence from Ireland. **Food Policy**, v. 51, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.003>

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. DOI: <https://doi.org/10.5216/reoeste.v2i2.40571>

LEMO, J. J. S. Níveis de degradação no Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

LIMA, G. C. D.; CAMPOS, K. C.; ALVES, A. G. M. Índice de Modernização Agrícola na região Nordeste. **Interações**, v. 23, p. 347-362, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v23i2.3158>

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, e188276, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & Adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MANDA, J.; ALENE, A. D.; GARDEBROEK, C.; KASSIE, M.; TEMBO, G. Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: evidence from rural Zambia. **Journal of Agricultural Economics**, v. 67, n. 1, p. 130-153, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12127>

MELO, C. O.; PARRÉ, J. L. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.45, n. 2, p. 329-365, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032007000200005>

MORAGAS, W. M.; SCHNEIDER, M. D. O. Biocidas: suas propriedades e seu histórico no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 10, p. 26-40, 2003. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG41015315>

MULWA, C. K.; MUYANGA, M.; VISSER, M. The role of large traders in driving sustainable agricultural intensification in smallholder farms: evidence from Kenya. **Agricultural Economics**, v. 52, n. 2, p. 329-341, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/agec.12621>

OLIMPIO, S. C. M.; GOMES, S. C.; SANTANA, A. C. Patterns of production and sustainability of cattle ranching in the state of Pará – Brazilian Amazon. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 541-560, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n2p541>

PALLANT, J. **SPSS survival manual - A step-by-step guide to data analysis using SPSS for Windows**. London: Open University Press, 2007.

PANNELL, D. J.; MARSHALL, G. R.; BARR, N.; CURTIS, A.; VANCLAY, F.; WILKINSON, R. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. **Australian Journal International Agriculture**, v. 46, n. 11, p. 1407-1424, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA05037>

PASSOS, A. M. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. Sistema de plantio direto. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (Editores técnicos). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação** (pp. 61-104). Brasília: EMBRAPA, 2018.

PRETTY, J.; TOULMIN, C.; WILLIAMS, S. Sustainable intensification in African agriculture. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 5-24, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>

PROCÓPIO, D. P.; COMINETI, C. D. S. S.; GUIMARÃES, I. L. R.; FEUSER, N. S. A. Modernização Agropecuária no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 3, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n3e10840>

PROCÓPIO, D. P.; BINOTTO, E.; PEREIRA, M. W. G. Fatores associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 30, n. 1, p. 844-874, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-2311.396.127244>

SANTOS, L. O.; CAMPOS, K. C. Modernização da agropecuária dos municípios do estado do Ceará. **Economia & Região**, v. 9, n. 2, p. 115-130, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/2317-627X.2021v9n2p115>

SILVA, D. A. D.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. D.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n01p%p>

SILVA, P. S. Tecnologia e meio ambiente: o processo de modernização da agricultura familiar. **Revista da Fapese**, v. 3, n. 2, p. 87-100, 2007.

SILVEIRA, M. A.; TEIXEIRA, S. M.; WANDER, A. E.; CAMPOS, W. P. Produção de feijão nos sistemas de plantio direto e convencional no município de Água Fria de Goiás (GO). **Conjuntura Econômica Goiana**, n. 32, p. 63-76, 2015.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2011.v28.12041>

SOUZA, P. M.; FORNAZIER, A.; SILVA, A. M.; PONCIANO, N. J. Tecnologia na agricultura brasileira: uma análise das desigualdades para os segmentos familiar e não familiar. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 49, n. 3, p. 147-169, 2018.

TOMAZZONI, G. C.; SCHNEIDER, S. A presença do cooperativismo na agricultura do Sul do Brasil: uma breve caracterização a partir dos dados do censo agropecuário 2017. **Desenvolvimento Regional Em Debate**, v. 12, p. 65–88, 2022. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v12ied.esp.Dossie.3901>

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

VOLSI, B.; HIGASHI, G. E.; BORDIN, I.; TELLES, T. S. The diversification of species in crop rotation increases the profitability of grain production systems. **Scientific Reports**, v. 12, 19849, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23718-4>

WEERSINK, A.; FULTON, M. Limits to profit maximization as a guide to behavior change. **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aepp.13004>