

Modernização agropecuária no estado de Mato Grosso

Gelson Mateus da Silva Araujo¹, Diego Pierotti Procópio², João Carlos Arruda-Oliveira³, Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca⁴, Heder José D'Avila Lima⁵, Ana Claudia da Costa⁶

¹ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Graduação em Agronomia. gelson062011@gmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Professor. diego.procopia@ufmt.br

³ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Graduação em Agronomia. jcao@outlook.com.br

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutoranda em Ciência Animal alessandraschaphauserr@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Professor. hederdavila@yahoo.com.br

⁶ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutoranda em Agricultura Tropical. agroclaudia1@hotmail.com

Recebido em : 22/11/2024

Aceito em: 08/05/2025

Resumo

Objetivou-se investigar os fatores relacionados ao processo de modernização agropecuária em Mato Grosso e determinar o Índice de Modernização Agropecuária (IMA) dos municípios mato-grossenses. Para alcançar o objetivo proposto, foram utilizadas a Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a base de dados do Censo Agropecuário de 2017. Os principais fatores associados à modernização agropecuária em Mato Grosso foram: (a) Adoção de tecnologia, acesso a recursos financeiros e posse de trator na propriedade; (b) Uso de defensivos agrícolas e a participação do produtor rural em organizações coletivas; e (c) Itens de acesso às informações técnicas e acesso ao serviço de energia elétrica. Verificou-se a heterogeneidade no nível de modernização agropecuária ao longo do estado de Mato Grosso, com a maior parte dos municípios com uma classificação de baixa (94 municípios, que representa 66,66 % do total do estado). Dessa forma, a elaboração de políticas públicas que promovam uma expansão do acesso aos serviços de assistência técnica e crédito e a criação de organizações coletivas (associações, cooperativas, entidades de classe e sindicatos) podem contribuir para a redução do nível de desigualdade da modernização agropecuária nos municípios mato-grossenses.

Palavras-chave: Análise fatorial exploratória. Desenvolvimento rural. Políticas públicas.

Introdução

Estima-se que a população mundial irá atingir o patamar de 9 bilhões de pessoas no ano de 2050. Além disso, a melhoria no padrão de vida da população aumentará ainda mais a demanda por alimentos e energia, em termos de quantidade e diversidade. Ao mesmo tempo, ocorre a diminuição da quantidade de terras produtivas disponíveis (em função da degradação do solo em áreas cultiváveis e da preservação das florestas) para a expansão da produção de alimentos. Dessa forma, o crescimento da produção agropecuária deve ser pautado na adoção de tecnologias que proporcionem o aumento do proveito dos fatores produtivos, assim como a conservação dos recursos naturais, em especial o solo, com o objetivo de promover a segurança alimentar e nutricional da população mundial (REETZ, 2017).

As mudanças climáticas podem promover desafios para a produção de alimentos no Brasil e no mundo. Tais variações podem ter origens naturais, como oscilações no clima, sendo representadas pelas ondas de calor e frio, mudanças nos ciclos de chuvas e períodos prolongados de seca; ou fontes antropogênicas, definidas como mudanças e intercorrências causadas pelo homem, principalmente pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (RUDDIMAN, 2015).

Sendo assim, o governo brasileiro criou, em 2009, o programa denominado de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), relativo à promoção do uso de tecnologias que diminuem a emissão dos GEE nas propriedades rurais. Para tanto, são oferecidos alguns tipos de financiamentos aos agricultores, para que incorporem novas tecnologias nas áreas de cultivo. A implementação de novas tecnologias,

em conjunto com boas práticas de cultivo, como a Agricultura de Precisão (AP), tem propiciado melhorias nos sistemas produtivos da agricultura, otimizando recursos e mitigando efeitos ao meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O Brasil tem relevância na produção agropecuária mundial. No ano safra de 2003/04, a produção nacional de grãos foi de 119,11 milhões de toneladas (ton) para uma área de 47,42 milhões de hectares (ha). E veio a se expandir para 297,97 milhões de ton (um crescimento de 150,16 %) em uma área de 79,94 milhões de ha (um crescimento de 68,58 %) em 2023/24 (CONAB, 2024). O rebanho bovino nacional foi de 238,62 milhões de cabeças em 2023 (IBGE, 2024). No mesmo ano, o saldo da balança comercial do agronegócio brasileiro foi de US\$ 123,78 bilhões (MAPA, 2024).

Apesar da relevância na produção agropecuária mundial, o setor agropecuário brasileiro é caracterizado pela dualidade de realidades nas condições de vida e nível de atividade econômica dos produtores rurais. Por um lado, existe um grupo de produtores que possuem sistemas produtivos altamente tecnificados e especializados na produção de alimentos e matéria-prima destinados às indústrias de processamento e para o mercado internacional via exportação. Por outro, uma parcela de produtores rurais brasileiros vive em situação de vulnerabilidade socioeconômica e com a produção destinada principalmente ao sustento familiar (FORNAZIER, VIEIRA FILHO, 2012).

O setor agropecuário nacional precisará seguir uma trajetória de mudanças para cumprir, com crescente eficiência, as funções de garantia de abastecimento alimentar mundial, o equilíbrio do mercado agropecuário, a garantia da renda para produtor rural, a competitividade e o fortalecimento da capacidade exportadora do país. Dessa forma, atribui-se importância à difusão de tecnologias que possibilitem uma evolução dos sistemas produtivos agropecuários entre as regiões brasileiras (LOPES, 2017).

No cenário nacional, o estado de Mato Grosso tem relevância na produção de alimentos. No ano safra de 2023/24, a produção de grãos foi de 93,19 milhões de ton (cerca de 31,27 % do total nacional) em uma área de 21,67 milhões de ha (corresponde a 27,11 % do total nacional) (CONAB, 2024). O rebanho bovino em Mato Grosso foi de 33,99 milhões de cabeças (cerca de 14,25 % do total nacional) (IBGE, 2024).

Este estudo foi desenvolvido de forma a contribuir na mensuração dos fatores associados à modernização do setor agropecuário do estado de Mato Grosso, com o intuito de direcionar na elaboração de políticas públicas para a promoção do desenvolvimento rural. As avaliações empíricas sobre o processo de difusão de tecnologias nas localidades devem levar em consideração as características da região analisada (MUNGIA, LLEWELLYN, 2020).

Diante disso, as questões abordadas nesta pesquisa foram: (a) quais os principais fatores relacionados ao processo de modernização agropecuária nos municípios de Mato Grosso, dada a relevância do estado na produção agropecuária nacional?; (b) quais municípios mato-grossenses alcançaram os maiores níveis de intensidade de modernização agropecuária no ano de 2017? Objetivou-se, portanto, investigar os fatores relacionados ao processo de modernização agropecuária do estado de Mato Grosso e determinar o Índice de Modernização Agropecuária (IMA) para o ano de 2017.

Material e métodos

Análise fatorial exploratória (AFE)

Trata-se de uma pesquisa de natureza quantitativa que utiliza a Análise Fatorial (AF) com a finalidade de identificar 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 observáveis com os fatores. Já a AFC parte do pressuposto de que o pesquisador já tem um conhecimento prévio do relacionamento existente entre as variáveis observadas e os fatores latentes (BEZERRA, 2007).

O fundamento da AFE reside na diminuição do número original de variáveis observáveis, por meio da identificação de fatores independentes, de forma a possibilitar que esses fatores expliquem as variáveis originais de maneira concisa e simplificada (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2004). O número limitado de fatores consiste em combinações lineares das variáveis originais, com o mínimo de perda de informações (MELO, PARRÉ, 2007).

A AFE foi realizada por meio do método de componentes principais, no qual o primeiro fator explica a maior parte da variância total das variáveis em análise. Em seguida, o segundo fator diz respeito ao segundo maior percentual, e assim por diante, para a quantidade de fatores selecionados. É importante ressaltar que os fatores calculados não possuem correlação 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; α_i são as cargas fatoriais; F_j são os fatores comuns não relacionados entre si; e ε_i é um erro que representa a parcela de variação da variável i que é exclusiva dela e não pode ser explicada por um fator nem por outra variável do conjunto analisado.

A medida conhecida como *eigenvalue*, ou raiz característica, foi utilizada para determinar a quantidade de variância total explicada para cada fator selecionado (MELO, PARRÉ, 2007). A decisão sobre o número de fatores a serem escolhidos depende do valor da raiz característica, o qual deve ser igual ou superior a uma unidade

(1,0). Para melhorar a interpretação dos fatores extraídos na AFE, aplicou-se a rotação ortogonal pelo método *Varimax*. Essa abordagem tem como objetivo maximizar a relação das variáveis observáveis com apenas um fator (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2004).

O quadrado das cargas fatoriais revela a influência relativa de cada fator na variância total de uma variável escolhida na AFE. Em contrapartida, a soma dos quadrados das cargas fatoriais de todas as variáveis contribui para a estimativa da *comunalidade*. Esta, por sua vez, 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 realizados os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e esfericidade de Bartlett. O teste KMO é um indicador que compara a magnitude dos coeficientes de correlação parcial, com valores variando entre 0 e 1, sendo recomendável que esses valores sejam superiores a 0,50. Por outro lado, o teste de Bartlett tem o propósito de verificar a 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).

Após a obtenção das cargas fatoriais e a identificação dos fatores, a etapa subsequente consistiu na estimação dos escores fatoriais por meio de um método análogo ao da regressão. O escore de cada observação (no caso, município) foi determinado multiplicando-se o valor padronizado das variáveis pelo coeficiente correspondente do escore fatorial, como demonstrado na Equação 2 para todo j -ésimo fator, F_j (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2004).

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

Em que: W_{jp} são os coeficientes dos escores fatoriais; e p = número de variáveis.

Tabela 1. Classificação do IMA

Classificação	Críterio
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).

Por meio dos escores fatoriais, tornou-se possível avaliar a posição relativa de cada observação em relação ao conceito representado para cada fator (MONTEIRO, PINHEIRO, 2004). É desejável que os escores fatoriais sigam uma distribuição simétrica em torno da média zero, com metade dos escores fatoriais sendo negativos e a outra metade positiva. Para assegurar que altos escores fatoriais negativos não distorçam a magnitude do IMA, foi realizada uma transformação dos escores fatoriais, conforme a Equação 3, visando restringi-los ao intervalo de 0 a 1 (LEMOS, 2001).

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

Em que: F_{ji} relacionam-se com os escores fatoriais; F_j^{\max} = valor máximo do j-ésimo escore fatorial associado ao i-ésimo município; e F_j^{\min} = valor mínimo do j-ésimo escore fatorial associado ao i-ésimo município. O IMA foi então desenvolvido 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: λ_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.

Após o cálculo do IMA, procedeu-se com a hierarquização e classificação dos municípios de Mato Grosso em relação ao IMA, considerando

cinco diferentes tipos de classificações, conforme apresentado na Tabela 1 (LOBÃO, STADUTO, 2020).

Descrição das variáveis e fontes de dados

Para avaliar o nível de intensificação agropecuária nos municípios de Mato Grosso, foram consideradas dezessete variáveis relacionadas às características da propriedade rural, ao uso de tecnologias no sistema de produção, à disponibilidade de serviços como energia elétrica, ao acesso a políticas públicas (assistência técnica e crédito), bem como à participação do produtor rural em organizações coletivas (Tabela 2).

As variáveis observáveis foram relativizadas quanto à área dos estabelecimentos (AE), ao pessoal ocupado (PO) ou ao número total de estabelecimentos (TE), conforme descrito por Lavorato e Fernandes (2016), Lobão e Staduto (2020) e Madeira *et al.* (2019). A fonte de dados utilizada foi o Censo Agropecuário de 2017, conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e o local de estudo foram os 141 municípios mato-grossenses^[1]. Para operacionalizar as análises estatísticas e elaboração do mapa, utilizaram-se os softwares Statistical Package of Social Science (SPSS) versão 25 e o GeoDa®, respectivamente.

¹ Os dados do Censo Agropecuário de 2017 foram coletados num período em que o estado de Mato Grosso tinha 141 municípios. A partir de outubro de 2023, foi criado o município de Boa Esperança do Norte, fazendo com que existissem um total de 142 municípios mato-grossenses (IBGE, 2025).

Tabela 2. Variáveis utilizadas para a elaboração do IMA dos municípios mato-grossenses

Identificação	Descrição	Fonte:
X1	Total de estabelecimentos que utilizou defensivo agrícola (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2023)
X2	Total de estabelecimentos que fez adubação (química e orgânica) (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2023)
X3	Total de estabelecimentos que fez correção do solo com a utilização de calcário e outros corretivos de pH do solo (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2023)
X4	Total de estabelecimentos que praticam a rotação de cultura (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2024)
X5	Total de estabelecimentos que realizam o sistema de plantio direto na palha (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2024)
X6	Total de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2024)
X7	Total de estabelecimentos com o produtor vinculado a uma entidade de ação coletiva (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2023)
X8	Total de estabelecimentos com acesso à informação técnica (unidades) / TE	Procópio <i>et al.</i> (2024); Souza Filho <i>et al.</i> (2011)
X9	Total de estabelecimentos com tratores (unidades) / TE	Costa <i>et al.</i> (2012); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X10	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / TE	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X11	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / AE	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X12	Valor total das despesas dos estabelecimentos (unidades) / PO	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X13	Valor total da produção dos estabelecimentos (unidades) / TE	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X14	Valor total da produção dos estabelecimentos (unidades) / AE	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X15	Valor total da produção dos estabelecimentos (unidades) / PO	Costa <i>et al.</i> (2012); Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X16	Total de estabelecimentos com acesso à energia elétrica (unidades) / TE	Lobão e Staduto (2020); Procópio <i>et al.</i> (2023)
X17	Total de estabelecimentos que utilizaram financiamentos para a realização de investimentos (unidades) / TE	Costa <i>et al.</i> (2012); Procópio <i>et al.</i> (2023)

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

Fonte: Censo Agropecuário (2017).

Resultados e discussão

O resultado do teste de KMO foi de 0,835, o que sugere que os dados são apropriados para a construção do IMA aos municípios mato-grossenses. É importante observar que os valores da estatística KMO devem ser superiores a 0,50 (FERREIRA JUNIOR et al., 2004; HAIR et al., 2009). Por meio do teste de esfericidade de Bartlett, foi possível rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. Portanto, com base em todos os testes realizados, foi possível verificar que as variáveis selecionadas foram apropriadas para a realização da AFE.

Mediante a aplicação da rotação ortogonal pelo método de Varimax, foram extraídos três fatores com raiz característica maior do que uma unidade. O primeiro fator (F1) destacou-se por explicar 61,10 % da variância total, seguido de F2 com um valor de 6,96 % e F3 com 6,74 %. Em conjunto, esses três fatores explicaram 74,80 % da variabilidade total das variáveis selecionadas (Tabela 3).

A communalidade pode ser definida como a proporção da variância total de cada variável observável, que é explicada pelo conjunto de fatores selecionados por meio do critério da raiz característica (FERREIRA JUNIOR et al., 2004). Quanto maior for o valor da communalidade, maior a influência da variável sobre o fenômeno analisado (LOBÃO, STADUTO, 2020). A modernização agropecuária dos municípios de Mato Grosso é fortemente influenciada pelas variáveis X2 (uso de fertilizantes), X3 (uso de

corretivos), X5 (uso de sistema de plantio direto na palha), X12 (total de despesas dividido por pessoal ocupado) e X15 (valor bruto da produção dividido por pessoal ocupado) (Tabela 4).

As cargas fatoriais indicam a correlação entre as variáveis e os fatores selecionados. Quanto maior o valor absoluto da carga fatorial, maior a relevância dessa carga na interpretação da matriz fatorial (HAIR et al., 2009). A modernização agropecuária é um processo complexo e multifacetado, no qual a adoção de tecnologias, disponibilidade de recursos financeiros e infraestrutura produtiva desempenham um importante papel para a intensificação sustentável no campo (PROCÓPIO et al., 2024). O primeiro fator (F1) foi denominado de “Adoção de tecnologia, acesso a recursos financeiros e posse de trator na propriedade”, sendo composto pelas variáveis X2, X3, X4, X5, X6, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15 e X17 (Tabela 4).

O aumento da produção de alimentos no setor agropecuário deve ser pautado no uso de tecnologias que promovam o aumento da produtividade, como os fertilizantes (X2) e corretivos (X3) (ARTUZO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2010; REETZ, 2017); e na conservação do solo, como a rotação de culturas (X4) e o sistema de plantio direto na palha (X5) (FOLONI et al., 2023; N'DAYEGAMIYE et al., 2017; VOLSI et al., 2022). Além disso, destaca-se a importância da assistência técnica (X6) para auxiliar os produtores rurais no uso adequado das tecnologias (SOUZA FILHO et al., 2011).

Tabela 3. Raiz característica e percentual de variância explicada em cada fator

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
F1	10,387	61,102	61,102
F2	1,183	6,960	68,062
F3	1,146	6,740	74,802

Fonte: autores (2024).

Tabela 4. Cargas fatoriais e comunalidades dos indicadores socioeconômicos relacionados à modernização agropecuária nos municípios mato-grossenses

Variável	F1	F2	F3	Comunalidade
X1	0,224	0,733	0,217	0,634
X2	0,850	0,372	0,174	0,892
X3	0,869	0,332	0,135	0,884
X4	0,833	0,236	0,121	0,764
X5	0,870	0,337	0,036	0,871
X6	0,725	0,482	0,139	0,777
X7	0,186	0,820	-0,131	0,724
X8	0,146	0,066	0,716	0,538
X9	0,830	0,220	0,160	0,763
X10	0,854	0,107	-0,077	0,746
X11	0,782	0,161	0,171	0,666
X12	0,886	0,282	0,086	0,871
X13	0,833	0,055	-0,088	0,704
X14	0,809	0,109	0,205	0,709
X15	0,905	0,231	0,097	0,882
X16	0,021	0,004	0,741	0,550
X17	0,650	0,558	0,069	0,739

Nota: As variáveis observáveis relacionam-se com os seguintes aspectos: X1 – uso de defensivos agrícolas; X2 – uso de adubação (química e orgânica); X3 – uso de calcário e outros corretivos para a correção do pH do solo; X4 – uso de rotação de culturas; X5 – uso de sistema de plantio direto na palha; X6 – acesso à assistência técnica; X7 – produtor vinculado a uma entidade de ação coletiva; X8 – acesso à informação técnica; X9 – posse de trator; X10, X11 e X12 – valor total de despesas; X13, X14 e X15 – valor total da produção; X16 – acesso à energia elétrica; e X17 – uso de financiamentos para a realização de investimentos.

Fonte: autores (2024).

A posse do trator (X9) em propriedades rurais é importante para auxiliar os produtores rurais na implantação das práticas produtivas (rotação de culturas e sistema de plantio direto na palha) e no uso de insumos (fertilizantes e corretivos) nas áreas de cultivo (PANNELL *et al.*, 2006). A existência dos tratores nas propriedades rurais esteve associada à modernização agropecuária em outras localidades brasileiras, como no estado de Mato Grosso do Sul (PROCÓPIO *et al.*, 2023) e na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (BATISTA *et al.*, 2023).

A disponibilidade de recursos financeiros é importante para auxiliar no processo de adoção de tecnologia e financiamento das atividades produtivas nas propriedades rurais (PROCÓPIO

et al., 2024; WEERSINK, FULTON, 2020). As variáveis de fluxo financeiro foram representadas pelas despesas totais (X10, X11 e X12), compreendem os gastos com insumos produtivos (agrícola – corretivos, fertilizantes, mudas, sementes etc.; pecuária – medicamentos, ração, suplementos etc.), combustíveis e lubrificantes, energia elétrica, frete, salários, entre outros (IBGE, 2017); valor bruto da produção (X13, X14 e X15); e uso do crédito rural (X17) para a realização de investimentos na propriedade.

As despesas totais e o valor bruto da produção da atividade agropecuária estiveram associados à sua modernização em estados da região Amazônica (LOBÃO, STADUTO, 2020), no MATOPIBA (BATISTA *et al.*, 2023) e em

Mato Grosso do Sul (PROCÓPIO *et al.*, 2023). O acesso ao crédito (X17) possibilita os recursos financeiros necessários para que os produtores rurais consigam incorporar tecnologia no sistema produtivo da propriedade e para a realização de investimentos (KUMAR *et al.*, 2021).

O acesso ao crédito foi uma variável que contribuiu para a adoção de tecnologia pós-colheita (máquinas e equipamentos de beneficiamento do produto) entre os cafeicultores mineiros (PEREIRA *et al.*, 2010), no uso de fertilizantes na Etiópia (TADESSE, 2014) e no uso de softwares de gerenciamento entre os produtores de carne bovina e leite na Irlanda (LÄPPLÉ *et al.*, 2015).

O segundo fator (F2) foi denominado de “*Uso de defensivos agrícolas e a participação do produtor em organizações coletivas*”, composto pelas variáveis X1 (uso de defensivos agrícolas) e X7 (produtor vinculado a uma organização coletiva) (Tabela 4). No contexto de mudanças climáticas, torna-se relevante o uso de tecnologias (como os defensivos agrícolas) que promovam a manutenção do nível de produtividade e minimizem o risco de perda de produção advindos da ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas nas áreas de cultivo (PROCÓPIO *et al.*, 2024). Nesse sentido, o uso desse insumo deve ser realizado com a recomendação técnica, de acordo com as características do solo e das plantas cultivadas na propriedade (AKTAR *et al.*, 2009; REYNA *et al.*, 2020). O uso de defensivos agrícolas (X1) esteve associado à modernização agropecuária em estados que compõem a região do MATOPIBA (BATISTA *et al.*, 2023) e em Mato Grosso do Sul (PROCÓPIO *et al.*, 2023).

Quanto às tecnologias que podem ser utilizadas nas propriedades rurais, é possível categorizá-las em: (a) Automatização e informatização; (b) Controle de plantas daninhas e pragas; e (c) Intensificação sustentável (PROCÓPIO *et al.*, 2024). Diante disso, torna-se relevante a participação dos produtores rurais em organizações coletivas (associações,

cooperativas, entidades de classe, sindicatos etc.) para terem acesso às informações técnicas que podem proporcionar um aprimoramento do processo de produção na propriedade, bem como no acesso aos serviços de assistência técnica e crédito (SOUZA FILHO *et al.*, 2011).

A colaboração por meio do associativismo e cooperativismo desempenha papel crucial na agricultura, especialmente no contexto de produtores rurais classificados como familiares. Em comunidades rurais com recursos limitados, essas formas de organização possibilitam o compartilhamento de recursos, conhecimentos e equipamentos entre os agricultores, resultando em uma produção mais eficiente e econômica em nível de escala (PIRES, 2003). A participação dos produtores rurais em organizações coletivas (X7) foi importante para a adoção de tecnologia de beneficiamento do café entre os produtores rurais de Minas Gerais (PEREIRA *et al.*, 2010) e no uso de sementes melhoradas geneticamente e de fertilizantes entre os produtores rurais no Quênia (MULWA *et al.*, 2021).

O terceiro fator (F3) foi denominado de “*Itens de acesso às informações técnicas e acesso ao serviço de energia elétrica*”, constituído pelas variáveis observáveis X8 (acesso à informação técnica) e X16 (acesso à energia elétrica) (Tabela 2). As informações técnicas, relacionadas aos preços dos insumos e produtos e novas práticas produtivas, podem ser relevantes para auxiliar no processo de tomada de decisão do produtor rural (SOUZA FILHO *et al.*, 2011). A disponibilidade de energia elétrica na propriedade rural é essencial para o uso de máquinas e equipamentos de auxílio ao processo de gerenciamento da atividade econômica (OLÍMPIO *et al.*, 2022). O acesso à energia elétrica esteve associado à modernização agropecuária em Mato Grosso do Sul (PROCÓPIO *et al.*, 2023).

A modernização agropecuária nos municípios de Mato Grosso no ano de 2017 esteve associada então a três componentes:

(a) Adoção de tecnologia, acesso a recursos financeiros e posse de trator na propriedade; (b) Uso de defensivos agrícolas e a participação do produtor rural em organizações coletivas; e (c) Itens de acesso às informações técnicas e acesso ao serviço de energia elétrica.

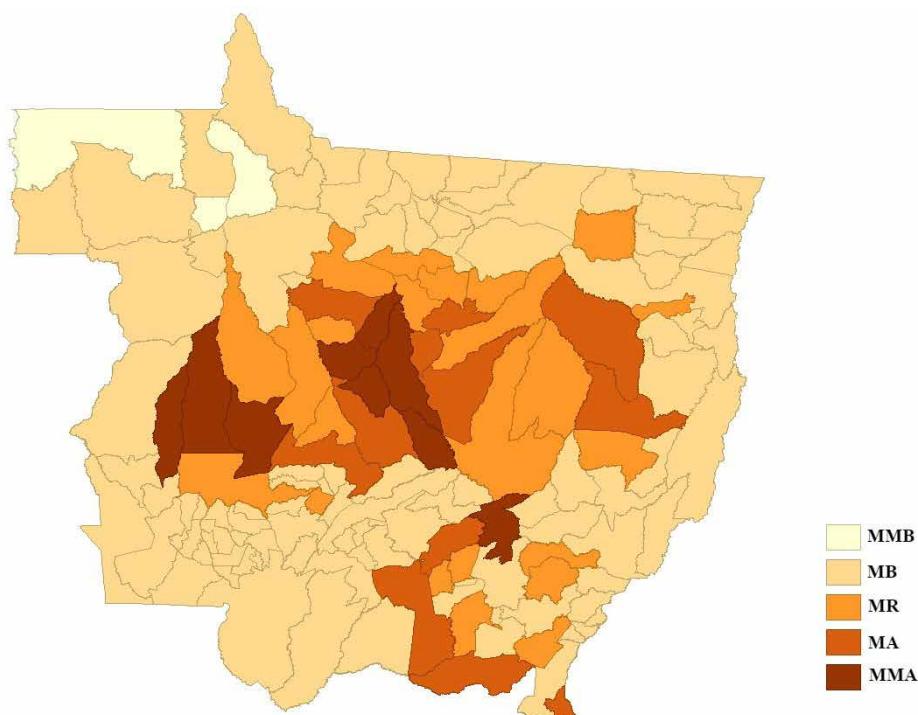
A média do IMA dos municípios mato-grossenses foi de 0,26, e o coeficiente de variação (CV) foi de 52,18 %, indicando uma heterogeneidade no nível de modernização agropecuária ao longo do território de Mato Grosso. Essa heterogeneidade representa uma desigualdade na intensidade tecnológica agropecuária, observada também em outras unidades federativas brasileiras, como em Minas Gerais (CAMPOS *et al.*, 2014; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2004), Rio Grande do Sul (PINTO, CORONEL, 2015), Paraná (LOBÃO *et al.*, 2016), Ceará (MADEIRA *et al.*, 2019; SANTOS; CAMPOS, 2021), Mato Grosso (BECKMANN, SANTANA, 2017), Mato Grosso

do Sul (PROCÓPIO *et al.*, 2023), Pará (REBELLO *et al.*, 2011) e Bahia (SANTOS *et al.*, 2018).

A maior parte dos municípios mato-grossenses foi classificada como modernização baixa (MB – 94 municípios), com participação de 66,66 % do total do estado (Figura 1). O baixo nível de modernização agropecuária também foi representativo na maior parte dos municípios da região Norte (LOBÃO, STADUTO, 2020) e para o estado do Ceará (SANTOS, CAMPOS, 2021).

As demais classificações foram de modernização regular (MR – 23 municípios, 16,31 % do total do estado), alta (MA – 12 municípios, 8,51 % do total do estado), muito alta (MMA – 9 municípios, 6,38 % do total do estado) e muito baixa (MMB – 3 municípios, 2,12 % do total do estado) (Figura 1). Os municípios com os maiores níveis de modernização agropecuária foram Sapezal, Ipiranga do Norte, Santa Rita do Trivelato, Campos de Júlio, Lucas

Figura 1. Distribuição geográfica do IMA entre os municípios de Mato Grosso para o ano de 2017.



Nota: MMB – modernização muito baixa; MB – modernização baixa; MR – modernização regular; MA – modernização alta; MMA – modernização muito alta.

Fonte: autores (2024)

do Rio Verde, Sorriso, Campo Novo do Parecis, Tapurah e Primavera do Leste. Os municípios classificados como MMB foram Colniza, Juruena e Nova Bandeirantes.

O município de Sapezal foi o que alcançou melhor nível de modernização do campo. Destacaram-se ainda os municípios de Ipiranga do Norte, Santa Rita do Trivelato, Campos de Júlio, Lucas do Rio Verde, Sorriso, Campo Novo do Parecis, Tapurah e Primavera do Leste, que apresentaram, respectivamente, os melhores níveis de modernização agrícola no estado. Por sua vez, os municípios Colniza, Juruena e Nova Bandeirantes tiveram, respectivamente, os piores níveis de modernização agropecuária em Mato Grosso em 2017.

Conclusões

A modernização agropecuária em Mato Grosso é um fenômeno complexo e multidimensional, sendo influenciada pelos fatores: (a) Adoção de tecnologia, acesso a recursos financeiros e posse de trator na propriedade; (b) Uso de defensivos agrícolas e a participação do produtor rural em organizações coletivas; e (c) Itens de acesso às informações técnicas e acesso ao serviço de energia elétrica. Foi possível constatar heterogeneidade quanto ao nível de intensidade de modernização do setor agropecuário ao longo do território de Mato Grosso no ano de 2017.

A maior parte dos municípios mato-grossenses possui baixo nível de modernização agropecuária, e a tecnologia foi um elemento importante nesse processo. Entre os tipos de tecnologias selecionadas, destacam-se as práticas produtivas de rotação de culturas e sistema de plantio direto na palha, bem como os insumos de corretivos, defensivos agrícolas e fertilizantes. Dessa forma, a elaboração de políticas públicas que incentivem a difusão tecnológica em Mato Grosso pode contribuir

para a redução do nível de desigualdade entre os municípios mato-grossenses.

Referências

AKTAR, M. W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009. Doi: <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 13, n. 29, p. 146-161, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3895/rts.v13n29.4755>

BATISTA, M. L. B.; ALVES, J. S.; ALVES, C. L. B.; ANDRÉ, D. M. Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no MATOPIBA. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 61, n. 3, e261413, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.261413>

BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. Indicadores de modernização agrícola do estado de Mato Grosso. *Extensão Rural*, v. 24, n. 1, p. 100-119, 2017. Doi: <https://doi.org/10.5902/2318179622992>

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. São Paulo: Editora Atlas, 2007. p. 73-130.

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-8050/ea115282>

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO AGROPECUÁRIO.

Série histórica de safras. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/907-graos-por-unidades-da-federacao>. Acesso em: 15 nov. 2024.

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.

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>

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro:** evidências a partir do Censo Agropecuário de 2006. Rio de Janeiro: IPEA, 2012. (Texto para discussão número 1708). 34p.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** Porto Alegre: Bookman, 2009. 682p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2023>. Acesso em: 17 nov. 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>. Acesso em: 10 out. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades de Mato Grosso. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/panorama>. Acesso em: 25 abr. 2025.

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, n. 3, p. 637-651, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01114-y>

LÄPPLÉ, 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, Goiânia**, v. 2, n. 2, p. 2-18, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5216/reoeste.v2i2.40571>

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

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>

LOBÃO, M. S. P.; CORRÊA, A. S.; WENNINGKAMP, K. R.; SHIKIDA, P. F. A.; ALENCAR, J. J.

Modernização agrícola do Paraná. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 21-35, 2016.

LOPES, M. A. O futuro da gestão de riscos na agropecuária. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 3-7, 2017.

MADEIRA, S. A.; KHAN, A. S.; SOUSA, E. P.; BARROS, F. L. A. Análise da modernização agrícola cearense no período de 1996 a 2006. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 307-334, 2019. Doi: <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p307>

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agrostat – **Estatísticas do Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 30 set. 2024.

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>

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>

MUNGUIA, O. M. O.; LLEWELLYN, R. The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption? **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 42, n. 1, p. 80-91, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aapp.13007>

MONTEIRO, V. P.; PINHEIRO, J. C. Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados

pelo alto teor de sal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 2, p. 365-387, 2004. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032004000200009>

N'DAYEGAMIYE, A.; NYIRANEZA, J.; GRENIER, M.; BIPFUBUSA, M.; DRAPEAU, A. The benefits of crop rotation including cereals and green manures on potato yield and nitrogen nutrition and soil properties. **Advances in Crops Science and Technology**, v. 5, n. 3, p. 1-13, 2017. Doi: <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000279>

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>

OLIVEIRA, A. J.; SILVA, G. F.; SILVA, G. R.; SANTOS, A. A. C.; CALDEIRA, D. S. A.; VILARINHO, M. K. C.; BARELLI, M. A. A.; OLIVEIRA, T. C. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão / Drones potentiality use in precision agriculture. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-010>

OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; STURM, G. M.; SOUZA, R. B. Corretivo da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de- açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i1a541>

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>

PEREIRA, M. W. G.; TEIXEIRA, E. C.; LIMA, J. E. Adoção sequencial de tecnologia pós-colheita aplicada à cafeicultura em Viçosa (MG). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 2, p. 381-404, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032010000200006>

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. Modernização agrícola do Rio Grande do Sul: um estudo nos municípios e mesorregiões. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 36, n. 128, p. 167-182, 2015.

PIRES, M. L. L. A (re)significação da extensão rural. O cooperativismo em debate. In: LIMA, J. R. T. (Org.). **Extensão rural e desenvolvimento sustentável**. Recife: Bagaço, 2003. p. 45-70.

PROCÓPIO, D. P.; COMINETI, C. 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, e10840, 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>

REBELLO, F. K.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O. Modernização da agricultura do nordeste paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 9, n. 2, p. 209-232, 2011. Doi: <https://doi.org/10.25070/rea.v9i2.184>

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 179p.

REYNA, E. F.; BRAGA, M. J.; MORAIS, G. A. S. Impactos do uso de agrotóxicos sobre a eficiência

técnica na agricultura brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: IPEA, 2020. p. 173-187.

RUDDIMAN, W. F. **A terra transformada**. Bookman Editora: Porto Alegre, 2015. 400p.

SANTOS, C. A. P.; SANO, E. E.; SANTOS, P. S. Formação do índice de modernização da fronteira agrícola – oeste da Bahia. **Geo UERJ**, n. 32, p. 1-17, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2018.25526>

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>

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>

TADESSE, M. Fertilizer adoption, credit access, and safety nets in rural Ethiopia. **Agricultural Finance Review**, v. 74, n. 3, p. 290-310, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1108/AFR-09-2012-0049>

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**,