



**DIMENSÕES DA MODERNIZAÇÃO AGROPECUÁRIA: UMA ABORDAGEM
MULTIVARIADA SOBRE OS NÍVEIS TECNOLÓGICOS EM RONDÔNIA,
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**DIMENSIONS OF AGRICULTURAL MODERNIZATION: A MULTIVARIATE
APPROACH TO TECHNOLOGICAL LEVELS IN RONDÔNIA, BRAZILIAN
AMAZON**

**DIMENSIONES DE LA MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA: UN ENFOQUE
MULTIVARIADO DE LOS NIVELES TECNOLÓGICOS EN RONDÔNIA,
AMAZONÍA BRASILEÑA**



10.56238/2ndCongressSevenMultidisciplinaryStudies-089

Shirlei dos Santos Silva

Bacharel em Estatística

Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

E-mail: shirleiestatistica@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-1976-6501>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8468827371116187>

Vania Corrêa Mota

Doutora em Engenharia Agrícola

Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

E-mail: vaniamota33@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8838-718X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0810425348382288>

Kíssia Alana Silva Cordeiro

Especialista em Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN)

E-mail: kissiaalana@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2242-1430>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5572277425007830>

Irene Yoko Taguchi Sakuno

Doutora em Ciências Políticas

Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

E-mail: irenesakuno@unir.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7532-6521>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7452186243922502>

RESUMO

Este trabalho objetivou caracterizar os estabelecimentos rurais do Estado de Rondônia a partir dos registros do Censo Agropecuário de 2017, utilizando métodos de análise estatística multivariada para



determinar o nível tecnológico municipal com base em escores fatoriais. A fundamentação metodológica consistiu na aplicação das técnicas de Análise Fatorial e de Agrupamento (Cluster). Foram identificados seis fatores latentes — denominados Plantação, Solo, Instrução Técnica, Pecuária, Produção Leiteira e Modernização Rural — que, em conjunto, explicaram 82,5% da variabilidade total dos dados analisados. A análise de cluster, validada pelos métodos K-means e hierárquico, revelou que a divisão em dois agrupamentos distintos representa adequadamente a heterogeneidade produtiva do estado. No que tange ao nível tecnológico (ITEA), verificou-se que os municípios se distribuem apenas entre as categorias médio e baixo, com ausência de localidades em níveis extremos (alto ou muito baixo). O município de Pimenteiras do Oeste obteve o maior índice tecnológico, destacando-se como referência de modernização agropecuária na região. Conclui-se que a modelagem multivariada é uma ferramenta robusta e adequada para subsidiar diagnósticos regionais e nortear políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável em Rondônia.

Palavras-chave: Agropecuária. Estatística Multivariada. Propriedades Rurais. Níveis Tecnológicos.

ABSTRACT

This study aimed to characterize rural establishments in the state of Rondônia based on records from the 2017 Agricultural Census, using multivariate statistical analysis methods to determine the municipal technological level based on factor scores. The methodological foundation consisted of applying Factor Analysis and Cluster Analysis techniques. Six latent factors were identified—named Plantation, Soil, Technical Instruction, Livestock, Dairy Production, and Rural Modernization—which, together, explained 82.5% of the total variability of the analyzed data. The cluster analysis, validated by K-means and hierarchical methods, revealed that the division into two distinct groups adequately represents the productive heterogeneity of the state. Regarding the technological level (ITEA), it was found that the municipalities are distributed only between the medium and low categories, with no localities at extreme levels (high or very low). The municipality of Pimenteiras do Oeste obtained the highest technological index, standing out as a reference for agricultural modernization in the region. It is concluded that multivariate modeling is a robust and suitable tool to support regional diagnoses and guide public policies aimed at sustainable rural development in Rondônia.

Keywords: Agriculture. Multivariate Statistics. Rural Properties. Technological Levels.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar los establecimientos rurales en el estado de Rondônia con base en los registros del Censo Agrícola de 2017, utilizando métodos de análisis estadístico multivariado para determinar el nivel tecnológico municipal con base en puntuaciones factoriales. La base metodológica consistió en la aplicación de técnicas de Análisis Factorial y Análisis de Conglomerados. Se identificaron seis factores latentes —denominados Plantación, Suelo, Instrucción Técnica, Ganadería, Producción Lechera y Modernización Rural— que, en conjunto, explicaron el 82,5% de la variabilidad total de los datos analizados. El análisis de conglomerados, validado por los métodos K-means y jerárquico, reveló que la división en dos grupos distintos representa adecuadamente la heterogeneidad productiva del estado. Con respecto al nivel tecnológico (ITEA), se encontró que los municipios se distribuyen solo entre las categorías media y baja, sin localidades en niveles extremos (alto o muy bajo). El municipio de Pimenteiras do Oeste obtuvo el índice tecnológico más alto, destacándose como referencia para la modernización agrícola en la región. Se concluye que el modelado multivariante es una herramienta robusta y adecuada para respaldar los diagnósticos regionales y orientar las políticas públicas dirigidas al desarrollo rural sostenible en Rondônia.

Palabras clave: Agricultura. Estadística Multivariante. Propiedades Rurales. Niveles Tecnológicos.



1 INTRODUÇÃO

O estado de Rondônia por abranger a extensão territorial de 237.765,347 km² (IBGE, 2021), requer um amplo programa pecuário e agrário relacionados a produção e o próprio consumo, reforçando a economia estadual, por meio da exportação nacional e internacional de sua criação e cultivo.

Buscando essa produção com alta rentabilidade, o setor do agronegócio empenha-se na demanda por inovações que contribuam para a modernização da atividade agropecuária que resultem em maior produtividade. Adequados usos de ferramentas tecnológicas, com embasamento científico e estatístico ampliam a produtividade do setor e diminuem seu custo de produção. Nesse sentido, várias pesquisas científicas foram realizadas (Sena, 2010; Santos *et al.*, 2017; Simões *et al.*, 2017).

Santos *et al.* (2017) avaliaram o nível tecnológico dos sistemas de produção de bovinos na Amazônia Brasileira. Usando dados oficiais do IBGE, calcularam 15 indicadores de adoção de tecnologias para cada um dos municípios da Amazônia legal, do estado de Mato Grosso e os municípios do estado do Maranhão situados a oeste do meridiano 44°, um total de 775 municípios, estes foram submetidos à análise fatorial por componentes principais para estimação do índice tecnológico da pecuária bovina dessas regiões. Os autores verificaram que o estado de Mato Grosso possui o maior número de municípios com pecuária bovina de maior nível tecnológico, seguido por Rondônia, Tocantins e o estado do Pará.

Já Simões *et al.* (2017) investigaram a heterogeneidade tecnológica da pecuária leiteira em Minas Gerais, por meio da análise fatorial dos dados e da análise de agrupamento (cluster). A partir de 15 variáveis de tecnologia e da escala de produção, baseados no Censo Agropecuário construíram um Índice de Modernização da Pecuária Leiteira, para as 66 microrregiões de Minas Gerais. Concluíram que a análise fatorial permitiu elaborar três fatores explicativos do nível tecnológico e da escala de produção de leite e que a análise de agrupamento possibilitou a construção de quatro clusters de tecnologia, possibilitando inferir que o agrupamento das microrregiões realizados com base nas informações do Censo Agropecuário está coerente com a realidade atual e pode ser utilizada para nortear políticas públicas.

A análise fatorial é uma modelagem estatística multivariada, que é usada para medir a variabilidade comum entre um conjunto de variáveis, buscando a redução da quantidade dessas variáveis, por meio da sumarização com fatores latentes, não observáveis (Corrar *et al.*, 2017), enquanto a análise de Cluster (agrupamento), refere-se a um amplo espectro de métodos que tentam subdividir um conjunto de dados e/ou variáveis X em c subconjuntos (clusters) que são separados em pares e não vazios. Os subconjuntos reproduzem X via união (Bezdek, 1981). Um cluster geralmente é formado agrupando amostras de dados semelhantes em torno de um centro, chamado centroide ou protótipo de cluster (Mota; Damasceno e Leite, 2018). Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo



utilizar a análise multivariada fatorial e de cluster para caracterizar os registros do censo agropecuário dos estabelecimentos rurais do Estado de Rondônia e determinar o nível tecnológico com base nos escores fatoriais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO BOVINA E AGRÁRIA NO ESTADO DE RONDÔNIA

Rondônia exporta quase toda sua produção bovina, trimestralmente, em média, cerca de 75 mil a 90 mil toneladas de carne bovina, gerando um efeito positivo de US\$ 1,1 bilhão, de janeiro a setembro de 2025. O estado recebeu declaração de zona livre de febre aftosa, alcançando a certificação sem vacinação desde 2021 pela Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA), aumentando a procura da carne bovina (Idaron, 2025).

Nesse sentido, podemos considerar ainda que a condição sanitária do rebanho local é fruto de uma vantajosa parceria público privada, adequadamente, certificada pelos sistemas internacionais, atraindo cada vez mais os mercados rigorosos. O valor bruto da produção agropecuária de Rondônia para 2021 estava estimado em 19,1 bilhões de reais, resultado 12,9% maior do que o obtido em 2020 (Pfeifer *et al.*, 2021).

Já em relação a Produção agrária, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, Rondônia apresentou um crescimento de 18,6% na vultuosidade da produção de grãos na safra 2022/2023. Rondônia se destacou com valores acima da média atingindo 16,5% de alta. Produziu na safra anterior 790,1 milhões de toneladas e o estudo da Conab prenunciava um aumento para 936,9 milhões no término da safra 2023/24. Na safra de grãos em 2024 os níveis de produtividade também eram grandiosos, com estimativa de acréscimo de 19,2% em relação aos números do período passado (Conab, 2024). Nessa nova safra de grãos (2025/2026), os níveis de produção em Rondônia continuam em expansão, com estimativa de atingir 5,6 milhões de toneladas, um aumento de 3,1% em relação ao volume colhido no período anterior. (Conab, 2026).

2.2 NÍVEIS TECNOLÓGICOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

A tecnologia é uma necessidade permanente em todo mundo, e tem sensibilizado também o campo agropecuário, sendo uma das áreas importantes para a economia brasileira, atraindo inovações para garantir um alto nível de produção e lucros. Os produtores que investem em tecnologia e inovação tiveram uma rentabilidade maior, pois a produtividade aumentou com a otimização tecnológica, onde seus indicadores de eficiência do setor atingiram altos índices (Carvalho, 2022).

A receptividade dos produtores rurais também sofreu resistência quanto à implantação de ferramentas inovadoras, até o momento que os mesmos, passam a conhecer e se orientar melhor sobre o assunto. Ao descobrir que a produção é facilitada, e muitas vezes ampliada, gerando mais renda, um



trabalho mais organizado e de melhor qualidade, esse bloqueio do novo é minimizado (Carvalho, 2022).

Softwares, drones, aplicativos e outros sistemas de inovação desenvolvidos para o setor pecuário, permitem medições dos resultados de forma precisa (Gasques *et al.*, 2017). Por exemplo, manutenção do histórico de vacinação dos animais, ficha cadastral dos bovinos, registro de pesagens, cadastro de cobertura, movimentação de lotes, registro de nascimento de novos bezerros e outros significantes dados, propiciam ao criador um acesso total a todas as informações para gerenciar sua produção. O controle administrativo e funcional da criação bovina beneficia o produtor na tomada de decisões, quanto ao manejo, venda e compra de animais, dirimindo perdas e automaticamente maximizando lucros.

Consequentemente, no setor agrário a modernização tecnológica alavancou a produção agrícola, com aumento de produtividade, que em termos agregados, no tempo que a produção aumentou 4,5 vezes, o uso de insumos avançou pouco mais de 15%, o que pode ser explicado pela evolução da produtividade total dos fatores (PTF), que cresceu quase quatro vezes entre 1975 e 2015 (Gasques *et al.*, 2017). Melhorando a qualidade do produto final, com monitoração mais rigorosa das práticas agrícolas e a utilização de técnicas avançadas de colheita e processamento ajudam a garantir que os produtos cheguem aos consumidores com alto padrão de qualidade e segurança.

Alta lucratividade com sustentabilidade ambiental no uso de inteligência de dados como ferramentas de agricultura de precisão oportuna em tempo real, o monitoramento de operação das máquinas da fazenda, visualizando alertas, nível de combustível, velocidade e produtividade média dos maquinários. Dessa maneira o setor agrícola unifica uma agricultura de grande produção, sendo simultaneamente sustentável, fazendo rodízio de culturas, usando inseticidas biológicos e adubos naturais. De forma que essas ações contribuam para um solo sadio, que seja capaz de atender as demandas de cultivo sem comprometer as próximas gerações.

2.3 MODELAGEM ESTATÍSTICA – ANÁLISE FATORIAL

Análise Fatorial é uma modelagem que tem como objetivo expor um conjunto de p variáveis $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ com base em um número menor de índice ou fatores e , durante o procedimento, obter um amplo entendimento e/ou compreensão destas variáveis (Manly e Alberto, 2019).

Em resumo a Análise fatorial representa um processo aleatório multivariado por meio da criação de novas variáveis, provenientes das variáveis originais e , geralmente em menor número, que corresponde as comunalidades do processo, restando às hipotéticas serem não descritas pelo modelo fatorial. Para se testar a viabilidade do uso da análise fatorial em um conjunto de dados é possível realizar, dentre outros o Teste de Esfericidade de Bartlett, a Medida de Adequacidade da Amostra (MAA) e Kaiser- Meyer-Olkin (KMO) (Mingoti, 2005; Hair *et al.* 2009).



2.3.1 Modelagem de Cluster (Agrupamento)

A análise de cluster pode ser definida como a organização de um conjunto de objetos (normalmente representados por vetores de características, isto é, pontos em um espaço multidimensional em grupos baseada na similaridade entre eles. Em outros termos, significa que agrupar objetos é o método de particionar um conjunto de dados em subconjuntos (grupos) de maneira que os objetos em cada grupo (preferencialmente) compartilhem atributos comuns, em geral proximidade em semelhança a alguma medida de similaridade ou distância (Castro; Ferrari, 2016).

De forma intuitiva, objetos pertencentes ao mesmo grupo são mais similares entre si do que a objetos pertencentes a grupos distintos. Desse modo, um grupo pode ser determinado em função de coesão interna (homogeneidade) e do isolamento externo (separação) de seus objetos (Castro; Ferrari, 2016).

Em resumo a análise de agrupamentos é um conjunto de técnicas multivariadas cujo propósito principal é agregar objetos com base nas características que eles possuem, isto é, faz agregação baseados em distância (proximidade), os clusters resultantes de objetos devem então exibir elevada homogeneidade interna, dentro dos clusters, e elevada heterogeneidade externa, entre os clusters (Hair *et al.*, 2009).

2.3.2 Tipos de Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*)

Muitos algoritmos têm sido propostos para a análise agrupamentos, no entanto, as técnicas hierárquicas e por partição, são as mais utilizadas, e serão descritas resumidamente neste trabalho.

As técnicas hierárquicas, na maioria das vezes, são utilizadas em análises exploratórias dos dados com o objetivo de identificar possíveis agrupamentos e o valor provável do número de grupos (Mingoti, 2005). Essa técnica produz um dendrograma, iniciando com o cálculo das distâncias de cada objeto a todos os outros objetos, grupos então são formados por um processo de aglomeração ou divisão. Com conglomeração, todos os objetos começam sozinhos em grupos de um, sendo que os grupos próximos são então gradualmente fundidos até que finalmente todos os objetos permaneçam em um mesmo grupo (Manly; Alberto, 2019).

Já a técnica de agrupamento utiliza partição, com objetos podendo se mover para dentro e para fora de grupos em diferentes estágios da análise. Existem variações nos algoritmos utilizados, mas o enfoque básico envolve primeiro escolher centros de grupos mais ou menos eventuais, com objetos então alocados ao seu centro mais próximo, ou seja, novos centros são então calculados, sendo que estes refletem às médias dos objetos nos grupos (Manly; Alberto, 2019). Desse modo, um objeto é movido a um novo grupo da seguinte maneira:

Se o objeto está mais próximo àquele centro de grupo do que do centro de seu presente grupo. Qualquer grupo que esteja próximo é fundido, grupos espalhados são partidos, etc.,



seguindo algumas regras definidas. O processo continua iterativamente até que seja obtida estabilidade com um número de grupos pré-determinados. Usualmente um domínio de valores é experimentado para um número final de grupos (Manly; Alberto, 2019, p. 164).

Comumente usados pelos estudiosos dentre os esquemas de aglomeração não hierárquicos (partição), o método de clusterização *K-means* relaciona os objetos dentro de múltiplos grupos, de forma que a variação *intra-cluster* seja minimizada pela soma dos quadrados das distâncias Euclidianas entre os elementos e seus centroides (Jonhson; Wichern, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 DADOS

O presente trabalho foi realizado com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, do estado de Rondônia, abrangendo seus 52 municípios, utilizando informações do Censo Agropecuário de 2017, o mais recente encontrado no banco de dados desse órgão. As variáveis que foram analisadas são adaptadas de Santos *et al.* (2017) e Simões *et al.* (2017) e a nomeação dos indicadores estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Definição das variáveis utilizadas para caracterizar o nível tecnológico dos estabelecimentos agropecuários do Estado de Rondônia.

V ₁ - Áreas de Pastagens	Proporção de áreas de pastagens em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários (%)
V ₂ - Controle de doenças	Proporção de estabelecimentos que efetuam controle de doenças em relação ao total de estabelecimentos com pecuária (%)
V ₃ - Lavouras	Proporção de estabelecimentos com lavouras em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₄ - Preparo de solo	Proporção de estabelecimentos que efetuam preparo de solo em relação dos estabelecimentos agropecuários (%)
V ₅ - Pecuária	Proporção de estabelecimentos com pecuária em relação ao total dos estabelecimentos agropecuários (%)
V ₆ - Energia elétrica	Proporção de estabelecimentos com energia elétrica em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₇ - QL	Quociente Locacional (QL) do município em relação à pecuária do estado de Rondônia
V ₈ - Recursos hídricos	Proporção de estabelecimentos com recursos hídricos em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₉ - Vacas ordenhadas	Quantidade de vacas ordenhadas anualmente em relação ao número de estabelecimentos agropecuários com bovinos.
V ₁₀ - Comércio da produção	Proporção de estabelecimentos com comercialização da produção em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₁₁ - Correção de solo	Proporção de estabelecimentos que efetuam correção de solo em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₁₂ - Nutrição animal	Proporção de estabelecimentos com pecuária que efetuam suplementação com ração, grãos e subprodutos agroindustriais (%)
V ₁₃ - Sal mineral	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam suplementação com sal mineral (%)
V ₁₄ - Orientação técnica	Proporção de estabelecimentos que recebem assistência técnica em relação total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₁₅ - Adubação	Proporção de estabelecimentos que efetuam adubação em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₁₆ - Irrigação	Proporção de estabelecimentos que efetuam irrigação em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)



V ₁₇ - Produção de leite	Quantidade produzida de leite de vaca (Mil litros) em relação a quantidade de estabelecimentos que produz de leite de vaca.
V ₁₈ - Internet	Proporção de estabelecimentos com internet em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₁₉ - Tratores e implementos agrícolas	Proporção de estabelecimentos com tratores e implementos agrícolas em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)
V ₂₀ - E-mail	Proporção de estabelecimentos agropecuários que possuem e-mail em relação ao total de estabelecimentos agropecuários (%)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As variáveis denominadas indicadores foram calculadas como percentuais, com exceções das V₇, V₉ e V₁₇, sendo a variável V₇, - Quociente Locacional (QL) do município em relação à pecuária bovina, que foi calculado de acordo com Santos *et al.* (2017) por:

$$Ql = \frac{\left(\frac{VBP_{ij}}{VBP_j}\right)}{\left(\frac{VBP_{iRO}}{VBP_{RO}}\right)}, \quad (1)$$

em que: VBP_{ij} é o valor bruto da produção da atividade i , no caso bovinos, no município j ;

VBP_j é o valor bruto total da produção agropecuária;

VBP_{iRO} é o valor bruto da produção de bovinos em Rondônia;

VBP_{RO} é o valor bruto da produção agropecuária em Rondônia.

A variável V₉ - Vacas ordenhadas, foi calculada pela razão da quantidade de vacas ordenhadas anualmente em relação a quantidade de estabelecimentos com bovinos e a variável V₁₇ - Produção de leite, foi calculada pela razão da quantidade produzida de leite de vaca (Mil litros) em relação a quantidade de estabelecimentos agropecuários que produz leite de vaca.

O índice tecnológico dos estabelecimentos agropecuários (ITEA) foi calculado a partir da média ponderada dos fatores pela proporção de explicação da variância total associada a cada um deles, adaptado de Santana, 2007 e Santos *et al.*, 2017, conforme a Expressão 9.

$$ITEA = \frac{\sum_{j=1}^n w_j * FP_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

em que, ITEA é o índice do i -ésimo município; W_j é a proporção da variância explicada pelo j -ésimo fator e FP_{ij} é o valor do i -ésimo escore fatorial padronizado associada ao i -ésimo município. O escore fatorial foi padronizado para a aquisição de valores positivos entre 0 e 100 (Santos *et al.*, 2017). A padronização dos escores e o cálculo do ITEA seguiram os parâmetros validados em estudos anteriores da área (Silva *et al.*, 2026a). A partir dos valores do ITEA, foram estabelecidos quatro níveis tecnológicos:



- i) $ITEA \geq 75$ (alto);
- ii) $50 \leq ITEA < 75$ (médio);
- iii) $25 \leq ITEA < 50$ (baixo);
- iv) $0 < ITEA < 25$ (muito baixo).

Os níveis foram definidos em relação ao conjunto de municípios analisados, dessa forma, um município classificado como de alto nível não implica em estabelecimentos agropecuários com elevados índices tecnológicos, apenas que o seu nível é superior em relação aos demais municípios da amostra.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

3.2.1 Estatística Descritiva

Os dados do Censo Agropecuário de 2017 foram analisados inicialmente por meio dos procedimentos da análise estatística descritiva, calculando-se a média e os valores de máximo e de mínimo (Andrade; Ogliari, 2013).

3.2.2 Modelagem

Após a realização das análises iniciais, aplicou-se a técnica de Análise Fatorial para encontrar os possíveis fatores dentro dos registros de estabelecimentos rurais no estado de Rondônia, utilizando dentro da técnica o recurso de rotação dos fatores para a obtenção da interpretabilidade de cada fator.

A análise de fatores teve seu desenvolvimento inicial baseado no resultado do trabalho de Charles Spearman, conforme o modelo de análise de fatores, o qual estabelece que:

$$X_i = a_{i1} F_1 + a_{i2} F_2 + \dots + a_{im} F_m + e_i, \quad (3)$$

em que:

X_i é o i -ésimo escore do teste com média zero e variância unitária;

a_{i1} a a_{im} são cargas dos fatores para o i -ésimo teste;

F_1 a F_m são m fatores comuns não correlacionados, cada um com média zero e variância unitária;

e_i é fator específico somente para o i -ésimo teste que é não correlacionado com qualquer dos fatores comuns e tem média zero.

Com este modelo,



$$\begin{aligned} \text{Var}(X_i) &= 1 = a_{i1}^2 \text{Var}(F_1) + a_{i2}^2 \text{Var}(F_2) + \dots + a_{im}^2 \text{Var}(F_m) + \text{Var}(e_i) \\ &= a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + \text{Var}(e_i), \end{aligned} \quad (4)$$

em que:

$a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2$ são denominados de comunalidade de X_i (a parte de sua variância que é relacionada aos fatores comuns), e $\text{Var}(e_i)$ é nomeado de especificidade de X_i (a parte de sua variância que não é relacionada aos fatores comuns) (Manly; Alberto, 2019).

Também podendo ser mostrado que a correlação entre X_i e X_j é

$$r_{ij} = a_{i1} a_{j1} + a_{i2} a_{j2} + \dots + a_{im} a_{jm}. \quad (5)$$

Portanto, dois escores de teste podem somente ser altamente correlacionados se eles tiverem altas cargas nos mesmos fatores. Além disso, como a comunalidade não pode ultrapassar um, é necessário que $-1 \leq a_{ij} \leq +1$ (Manly; Alberto, 2019).

Foi utilizado os critérios descritos em Mingoti (2005) para estimação do número de fatores m . A escolha do número de fatores é essencial e tem como objetivo a substituição do conjunto de variáveis originais por fatores, sendo natural que o número de fatores seja inferior ao número de variáveis analisadas (Corrar *et al.*, 2017). Com isso ao invés de se trabalhar com 100% da variabilidade total dos dados, analisou-se somente, uma parcela total dos dados explicadas por fatores.

Para verificar a rotação desses fatores aplicou-se o método *Varimax*, que segundo Fávero *et al.* (2021) é o método mais utilizado e busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, simplificando a interpretação dos fatores. Em seguida foram aplicados os testes, [Teste de Esfericidade de Bartlett](#), [a Medida de Adequacidade da Amostra \(MAA\)](#) e [Kaiser- Meyer-Olkin \(KMO\)](#) (Mingoti, 2005; Hair *et al.* 2009).

3.2.2.1 Teste de Esfericidade de Bartlett

O teste de esfericidade de Bartlett permite verificar, para referido número de graus de liberdade e determinado nível de significância, se o valor da estatística $\chi_{Bartlett}^2$ é maior que o valor crítico da estatística.

Podemos afirmar que as correlações de Pearson entre os pares de variáveis são estatisticamente diferentes de 0 e por esse motivo pode ser extraído fatores a partir das variáveis originais, sendo assim a análise apropriada segundo Fávero; Belfiore, (2021) e dada por:



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

com $\frac{k \cdot (k-1)}{2}$ grau de liberdade, onde:

n é o tamanho da amostra;

k é o número de variáveis;

$|D|$ é o determinante da matriz de correlação, que tem uma distribuição Qui-quadrado com graus de liberdade.

3.2.2.2 Medida de Adequação da Amostra (MAA)

A Medida de Adequação da Amostra (MAA) serve para calcular o grau de intercorrelação entre as variáveis e a adequação da análise fatorial (Hair *et al.*, 2009), uma (MAA) é considerável aceitável e essencial quando $MAA > 0,5$.

Se o resultado de MAA apresentar um valor baixo, podemos detectar as variáveis responsáveis por esse efeito. A análise do MAA é comparável ao KMO, em que as variáveis encontradas dentro do domínio inaceitável devem ser excluídas para posteriormente aplicar a análise fatorial, ou seja, $MAA \geq 0,75$ é considerado Bom, $0,5 \leq MAA < 0,75$ aceitável e $MAA < 0,5$ inaceitável para proceder a análise fatorial sem a remoção desta variável (Hair *et al.* 2009).

3.2.2.3 Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

A medida KMO avalia a adequabilidade da análise fatorial, sendo calculada conforme descrito em Fávero e Belfiore, (2021) por:

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

em que:

l e c representam, respectivamente, as linhas e colunas da matriz de correlações ρ , os termos φ representam os coeficientes de correlação parcial entre duas variáveis. Enquanto os coeficientes de correlação de Pearson ρ são também chamados de coeficientes de correlação de ordem zero, os coeficientes de correlação parcial φ são também conhecidos por coeficientes de correlação de ordem superior (Fávero; Belfiore, 2021).

Com variação entre 0 e 1, onde R^2_{ij} é o coeficiente de correlação entre variáveis e x_{ij} o coeficiente de correlação parcial, em que, quanto menor as correlações parciais mais o índice se aproxima de 1 (Johnson; Wichern, 2002). Na Literatura sobre a interpretação dos índices de KMO



autores relatam que, $KMO \geq 0,75$ é considerado Bom, $0,5 \leq KMO < 0,75$ aceitável e $KMO < 0,5$ inaceitável para executar a análise fatorial na amostra de dados (Kaiser, 1958; Castro e Mota, 2022). Este índice compara a amplitude das correlações observadas entre as variáveis com a dimensão das correlações parciais, uma vez que esta última mostra o grau de relação entre duas variáveis suprimindo a influência das outras.

Os valores do índice KMO que indicam que a Análise Fatorial é apropriada varia de autor para autor. Para Hair *et al.* (2009) são valores aceitáveis entre 0,5 a 1,0, portanto abaixo de 0,5 indica que a análise fatorial é inaceitável.

3.2.2.4 Retenção de Fatores

Realizou-se o Critério de retenção fatorial Kaiser-Guttman, descrito em (Damásio, 2012). Esse critério de retenção de fatores é um dos mais usados, também denominado como critério do *eigenvalue* (autovalor) maior do que 1. Para verificar a confiabilidade da análise fatorial. Tal critério propõe uma aferição rápida, concreta do número de fatores a ser retido e cada fator retido apresenta um autovalor que se refere ao total de variância explicada por este fator.

3.2.2.5 Métodos hierárquico e algoritmo *k-means*

Utilizou-se os métodos de análise de cluster hierárquico para a elaboração do dendrograma e o algoritmo *k-means*. No particionamento gerado pelo *k-means* cada objeto refere-se ao grupo do centroide mais próximo a ele. O algoritmo padrão do *k-means* atua por intermédio de uma técnica de realinhamento iterativo do seguinte modo: os centroides *k* iniciais dos grupos são formados aleatoriamente ou selecionando-se de modo aleatório determinados objetos da própria base de dados. Finalizado essa etapa, calcula-se a distância entre os objetos da base e cada centroide, o que pode gerar um reposicionamento dos centroides e uma nova alocação de objetos a grupos (Castro; Ferrari, 2016).

Os dados foram analisados utilizando-se dos softwares: R *Development Core Team* (2024) e Jamovi (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA GERAL DO ESTADO DE RONDÔNIA

O censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017 permitiu avaliar o nível tecnológico das propriedades rurais do estado de Rondônia. Essa caracterização é relevante para compreender as particularidades desses estabelecimentos agropecuários. A estatística descritiva das 20 variáveis relacionadas as propriedades rurais por meio da modelagem qualitativa seguem descritas abaixo.



Para V₁ - Área de pastagens, os estabelecimentos agropecuários do estado apresentaram média de 69%, sendo Vilhena o município com menor área de pastagens, 36% e Teixeiraópolis com maior área de pastagens 90%. No quesito V11 - Correção do solo a média alcançada foi de 11% e com maior valor foi o município de Vilhena com e menor valor com 3% foi Governador Jorge Teixeira.

De acordo com Rosa Neto (2021), o PIB de Vilhena se sobressai em serviços, correspondendo a 42,3% do total estadual, já que esse município tem na produção agrícola sua principal aptidão econômica, esse valor consumido em serviços está fortemente relacionado com a agricultura, como é o caso da soja e do milho, pois abarca a comercialização de máquinas, implementos, insumos e outros afins. Quanto a Teixeiraópolis possuir grande área de pastagens justifica-se, pois é um município leiteiro com produção diária de 38 mil litros (Emater-RO, 2017), tendo como principal atividade econômica a criação de gado e produção leiteira.

Verificando a variável quantidade de Vacas ordenhadas - V9 a média foi de 7,83, com Ouro Preto do Oeste apresentando o valor máximo em relação a essa variável 15,21, confirmando que o município é um grande produtor leiteiro (IDARON, 2025). Já Pimenta Bueno apresentou o menor valor 2,59 de vacas ordenhadas de acordo com o censo 2017 (IBGE, 2021). Para a variável V17 - Produção de leite o valor médio de produção no estado foi de 22,63 mil litros. O município de Ouro Preto do Oeste apresentou a maior produção de leite, com 30,75 mil litros e Nova Brasilândia D'Oeste a menor com 14,29 mil litros. Em 2023, Rondônia viu um aumento significativo na produção leiteira, consolidando-se como líder na região Norte (IBGE, 2024).

Analisando a variável V6 - Energia elétrica, verificou-se o valor médio de 91%, onde Teixeiraópolis alcançou o maior volume 98% e Primavera de Rondônia o menor 56%. Quando avaliado o quesito V7 - Quociente Locacional Pecuário a média foi de 1,03, com destaque para o município de Parecis com 1,31 e um baixo QL para Cabixi 0,41. O Quociente Locacional de acordo com Haddad (1989) e Santana (2007) é uma medida frequentemente utilizada em estudos de economia regional para avaliar se um município possui especialização em uma atividade ou setor específico.

Já para variável Proporção de estabelecimentos com pecuária em relação ao total dos estabelecimentos agropecuários em percentual, verificou-se um valor médio para o estado de RO de 93,27% neste item o município com maior percentual de propriedades voltadas a pecuária foi Governador Jorge Teixeira atingindo 99,47% das propriedades, já o município com menor atividade pecuária foi o de Guajará-Mirim, atingindo 64,95%. No tema V12 - Nutrição animal a média atingida foi 43% e maior e menor valores foram os municípios de Pimenteiras do Oeste e Machadinho D'Oeste com 76% e 16%, respectivamente. Já na utilização de Sal mineral - V13 a média foi de 85% com maior e menor valores para os municípios Nova Mamoré 96% e Vilhena 54%.

Para o componente V2 - Controle de doenças o valor médio foi de 89%, onde os municípios com maior e menor valores foram Parecis e Chupinguaia com 99% e 66% respectivamente. No quesito



V3 - Lavouras, os municípios em destaque foram Cerejeiras e Parecis com 34% e 0% respectivamente. Em relação ao Preparo de solo - V4, verificou-se uma média de 28%, com valores de máximo de 73% para Primavera de Rondônia e mínimo de 5% para Theobroma. Já a variável V8 - Recursos hídricos atingiu média de 80% no estado, sendo que Theobroma devido a seus solos férteis, concatenados às condições climáticas favoráveis e a fartura de recursos fluviais apresentou o maior valor (94%), enquanto Alto Alegre do Parecis o menor valor 47% em relação a disponibilidade dessa variável. Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental (Sedam), Rondônia aumentou a área voltada à piscicultura e, atualmente, possui cerca de 16 mil hectares de espelho d'água.

Observando a variável V15 - Adubação verificou-se média de 17% para o estado. Alto Alegre do Parecis com valores de máximo de 61% e Governador Jorge Teixeira com valor de mínimo de 3% quanto a adubação nesses municípios. No que se refere a variável V16 - Irrigação, a média atingida foi de 9%. Nova Brasilândia D'Oeste 37% apresentou a maior utilização desse recurso, em contra partida Pimenta Bueno obteve o menor valor de e 1% comparado aos demais municípios.

A variável V10 - Comércio de produção obteve-se a média de 90%. Sendo o município São Felipe do Oeste com maior 100% comercialização de produção nos estabelecimentos rurais e menor valor para Chupinguaia 53%. Em relação ao Recebimento de Orientação técnica -V14, a média verificada foi de 22%. Sendo o município de Pimenteiras 57% o que recebeu uma quantidade maior de orientação segundo o censo, ao passo que, Campo Novo de Rondônia 6% recebeu a menor orientação técnica.

Em consequência da modernidade tecnológica, observou-se para a variável acesso à Internet - V18, uma média de 30%. O município de São Felipe do Oeste atingiu 54% sendo o considerado o maior uso e acesso a essa tecnologia, à medida que Candeias do Jamari alcançou 11% o menor valor observado. Para variável V19 - Tratores e Implementos, a média de uso em Rondônia foi de 16%, sendo Pimenteiras do Oeste com 76% e Urupá com 2%, os municípios com maior e menor valores respectivamente. Em relação à posse de E-mail - V20, as propriedades rurais registraram uma média de 4%, um valor médio muito baixo ao passo da importância da utilização de novas tecnologias no cenário atual. O município de Pimenteiras do Oeste 15% foi o que mais utilizou esse recurso, ao passo que o Vale do Anari apresentou um valor mínimo de e 1% para o uso de E-mail.

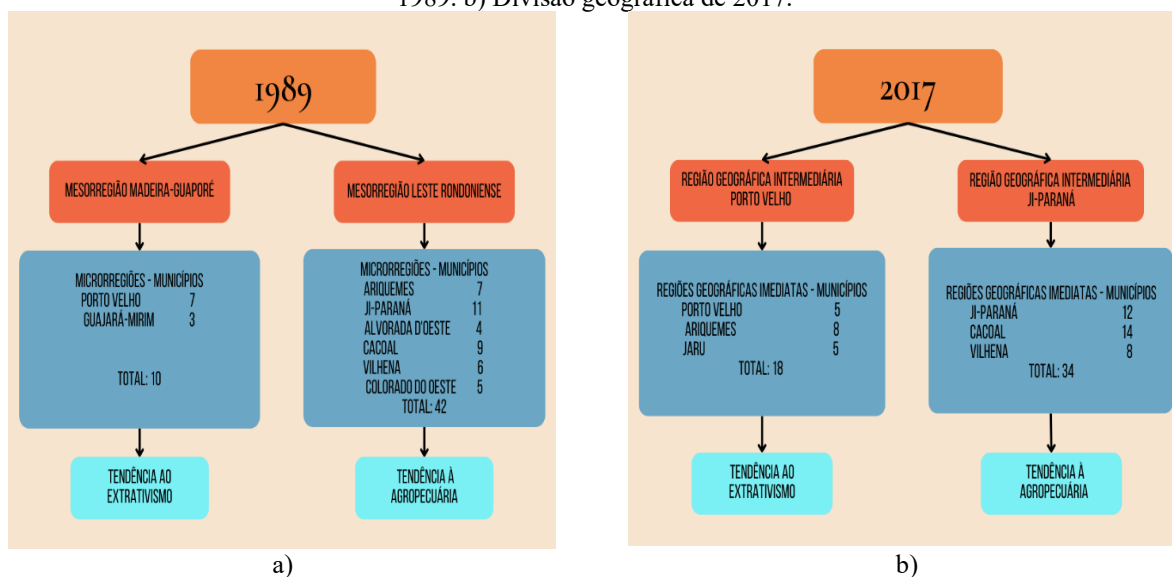
4.2 ANÁLISE DESCRITIVA POR REGIÕES INTERMEDIÁRIAS DO ESTADO DE RONDÔNIA

As mesorregiões e microrregiões do Brasil constituíram a divisão geográfica regional do país vigente desde 1989, segundo a composição elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa divisão foi substituída pela nova divisão regional em 2017 (IBGE, 2017). Conforme mencionado por Cavalcante (2011), em 1989, o Estado de Rondônia tinha mesorregiões com características extrativistas e agropecuárias (Figura 1). Hoje, essas regiões são conhecidas como



regiões intermediárias e imediatas e passaram por uma leve mudança, com uma diminuição do extrativismo e um pequeno crescimento no setor agropecuário. A parte central do estado tem Ji-Paraná como sua segunda maior cidade, enquanto o cone sul se destaca por seu promissor domínio agrícola.

Figura 1 - Mudanças institucionais do Estado de Rondônia conforme informações do IBGE. a) Divisão geográfica de 1989. b) Divisão geográfica de 2017.

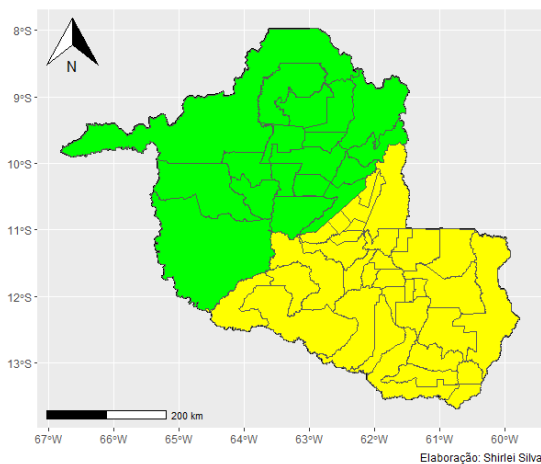


Fonte: Adaptada de Cavalcante (2011).

O estado de Rondônia é composto por 52 municípios, agrupados em duas regiões geográficas intermediárias: Porto Velho; e Ji-Paraná. Essas duas regiões foram subdivididas cada uma delas em três regiões geográficas imediatas aos principais municípios pertencentes as mesmas.

A representação cartográfica das duas principais regiões do estado de Rondônia, pode ser observado na Figura 2, nesse cartograma verifica-se também a subdivisão do estado nos seus 52 municípios.

Figura 2 – Estado de Rondônia subdividido em duas regiões geográficas intermediárias: Porto Velho na cor verde e Ji-Paraná na cor amarela.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



4.2.1 Regiões Geográficas Intermediárias

A região geográfica intermediária de Porto Velho aloja 18 municípios e a de Ji-Paraná 34. Para realizar as análises, classificou-se as regiões geográficas intermediárias separando-as em duas cores para melhor visualização e caracterização da estatística descritiva. Os municípios alojados na região geográfica intermediária de Porto Velho na cor verde (Figura 2) são: Alto Paraíso, Ariquemes, Buritis, Cacaulândia, Campo Novo de Rondônia, Candeias do Jamari, Cujubim, Governador Jorge Teixeira, Guajará-Mirim, Itapuã do Oeste, Jaru, Machadinho D'Oeste, Monte Negro, Nova Mamoré, Porto velho, Rio Crespo, Theobroma e Vale do Anari.

A região intermediária de Porto Velho conforme Tabela 2, apresenta a média de 68% de Área de pastagens -V₁ em relação aos estabelecimentos de Rondônia, sendo Porto Velho o município com menor área de pastagens, com 45% e Jaru com maior área de pastagens 88%. A variável V₂ - Controle de doenças obteve-se a média de 89%, onde os municípios com maior e menor valor foram Nova Mamoré e Porto Velho com 96% e 77% respectivamente.

No quesito V₃ - Lavouras com média 5% os municípios em destaque foram Alto Paraíso e Cacaulândia com 12% e 2%. No item V₄ - Preparo de solo atingiu-se a média 19%, valores de máximo de 41% para Candeias do Jamari e mínimo de 5% para Itapuã do Oeste. Já na V₅ - Pecuária, a média encontrada foi de 93% e os municípios foram Governador Jorge Teixeira com 99% e com 65% para Guajará-Mirim.

Tabela 2 – Valores médios, máximos e mínimos observados para cada variável dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia da Região Geográfica Intermediária de Porto Velho - RGIPV em dados obtidos no censo agropecuário - IBGE 2017.

Variáveis	Média	Municípios	
		Com Maior Média	Com Menor Média
V ₁ - Áreas de Pastagens	68%	88% -Jaru	45% - Porto Velho
V ₂ - Controle de doenças	89%	96% - Nova Mamoré	77% - Porto Velho
V ₃ - Lavouras	5%	12% - Alto Paraíso	2% - Cacaulândia
V ₄ - Preparo de solo	19%	41% - Candeias do Jamari	5% - Itapuã do Oeste
V ₅ - Pecuária	93%	99% - Governador Jorge Teixeira	65% - Guajará-Mirim
V ₆ - Energia elétrica	90%	98% - Governador Jorge Teixeira	68% - Guajará - Mirim
V ₇ - QL	1,05	1,28 – Nova Mamoré	0,60 – Cujubim
V ₈ - Recursos hídricos	81%	94% - Theobroma	50% - Guajará- Mirim
V ₉ -Vacas ordenhadas	8,29	14,42 – Governador Jorge Teixeira	4,08 – Alto Paraíso
V ₁₀ - Comércio da produção	91%	99% - Governador Jorge Teixeira	82% - Cacaulândia
V ₁₁ - Correção de solo	9%	22% - Itapuã do Oeste	3% - Governador Jorge Teixeira
V ₁₂ - Nutrição animal	43%	67% - Cacaulândia	16% - Machadinho do Oeste
V ₁₃ - Sal mineral	85%	96% - Nova Mamoré	69% - Porto Velho
V ₁₄ - Orientação técnica	19%	44% - Guajará-Mirim	6% - Campo Novo de Rondônia
V ₁₅ - Adubação	10%	18% - Rio Crespo	3% - Governador Jorge Teixeira



V ₁₆ - Irrigação	4%	10% - Candeias do Jamari	1% - Cacaúlândia
V ₁₇ - Produção de leite	23,62	30,66 – Nova Mamoré	17,91 – Buritis
V ₁₈ - Internet	21%	39% - Nova Mamoré	11% - Candeias do Jamari
V ₁₉ - Tratores e implementos	13%	33% - Rio Crespo	5% - Governador Jorge Teixeira
V ₂₀ - E-mail	2%	7% - Candeias do Jamari	1% - Vale do Anari

QL = Quociente locacional pecuário, V₉ = Cabeça/Estabelecimentos com bovinos, V₁₇ = Produção de leite em Mil litros.
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Para a variável V₆ - Energia elétrica, o valor médio alcançado foi de 90%, onde Governador Jorge Teixeira obteve 98%, enquanto Guajará-Mirim apresentou valor mínimo de 68%. No entanto, para o quesito V₇ - Quociente locacional a média foi de 1,05, destaques para os municípios de Nova Mamoré com 1,28 e de 0,60 para Cujubim. Agora na variável V₈ - Recursos hídricos a média foi de 81% e destaques para Theobroma com 94% e menor valor para Guajará-Mirim com 50%. Já em quantidade de V₉ - Vacas ordenhadas anualmente, a média foi de 8,29, sendo que o município de Governador Jorge Teixeira alcançou o valor mais alto em relação a essa variável 14,42 em contrapartida Alto Paraíso apresentou a menor proporção do número de vacas ordenhadas durante o ano com valor de 4,08.

A variável V₁₀ - Comércio de produção obteve-se a média de 91% e os municípios com maior valor 99% e menor valor 82%, foram Governador Jorge Teixeira e Cacaúlândia, respectivamente. Na variável V₁₁ - Correção de solo, a média foi de 9% e valores maior de 22% e menor de 3% foram nos respectivos municípios de Itapuã do Oeste e Governador Jorge Teixeira. Para a variável V₁₂ - Nutrição animal a média aferida foi de 43% e seus valores maiores e menores foram nos municípios Cacaúlândia e Machadinho do Oeste com seus respectivos valores de 67% e 16%. No uso de Sal mineral - V₁₃, a média obtida foi de 85% e os municípios com maior e menor valor foram Nova Mamoré com 96% e Porto Velho com 69%.

Quanto ao município de Porto Velho, os itens que mais contribuíram para o PIB foram os serviços e indústria, com participação somada de 73,4%. A agropecuária teve participação de somente 3,6% no PIB do município (Neto, Araujo e Silva, 2022), entende-se assim, que a baixa participação agropecuária em 2017 reflete no baixo uso de sal mineral nos estabelecimentos agropecuários de Porto Velho.

Em termo de Orientação técnica - V₁₄, a média foi de 19% e os municípios correspondentes com maior valor de 44% foi Guajará-Mirim e com menor valor de 6% foi Campo Novo de Rondônia. As variáveis V₁₅ - Adubação com média 10% e V₁₆ - Irrigação com média 4%, denotam em seus resultados que a agricultura em Rondônia ainda está na sua iniciação, porém, em pujante desenvolvimento, pois atualmente já representa uma expansão de 7,7% da área plantada, com produção estimada de 4,1 milhões de toneladas, 8,7% maior do que a da safra passada.

A produtividade média está estimada em quatro mil quilos por hectare, 0,9% superior à obtida na safra 2022/2023 (EMBRAPA RONDÔNIA, 2024), tendo os municípios com maior valor Rio



Crespo 18% e menor Governador Jorge Teixeira 3% em adubação e Candeias do Jamari com 10% e Cacaúlândia com 1% para variável irrigação. Na V_{17} - Produção de leite os municípios correspondentes a maior e menor valores foram Nova Mamoré com 30,66 mil litros e Buritis com 17,91 mil litros respectivamente e apresentou uma média de produção de 23,62 mil litros.

Em relação a variável acesso à Internet - V_{18} , a média foi 21%, com valor maior de 39% para Nova Mamoré e menor de 11% para Candeias do Jamari. Em relação a variável V_{19} - Tratores e implementos agrícolas atingiu média de 13% e os municípios com maior valor de 33% em Rio Crespo e menor valor de 5% em Governador Jorge Teixeira. Para variável V_{20} - E-mail a média foi 2%, com maior valor para Candeias do Jamari com 7% e menor em Vale do Anari com 1%.

Os municípios da região geográfica intermediária de Ji-Paraná na cor amarela (Figura 2) são: Alta Floresta D'Oeste, Alto Alegre do Parecis, Alvorada D'Oeste, Cabixi, Cacoal, Castanheiras, Cerejeiras, Chupinguaia, Colorado D'Oeste, Corumbiara, Costa Marques, Espigão D'Oeste, Ji-Paraná, Ministro Andreazza, Mirante da Serra, Nova Brasilândia D'Oeste, Nova União, Novo Horizonte do Oeste, Ouro Preto do Oeste, Parecis, Pimenta Bueno, Pimenteiras do Oeste, Presidente Médici, Primavera de Rondônia, Rolim de Moura, Santa Luzia do Oeste, São Francisco do Guaporé, São Miguel do Guaporé, Seringueiras, Teixeirópolis, Urupá, Vale do Paraíso e Vilhena.

A região intermediária de Ji-Paraná conforme pode-se visualizado na Tabela 3, apresentou a média de 70% de Área de pastagens - V_1 , nos estabelecimentos de Rondônia, sendo Vilhena o município com menor área de pastagens, com 36% e Teixeirópolis com maior área de pastagens 90%. A variável V_2 - Controle de doenças obteve-se a média de 90%, onde os municípios com maior e menor valor foram Parecis e Chupinguaia com 99% e 66% respectivamente. No quesito V_3 - Lavouras com média 9% os municípios em destaque foram Cerejeiras com 34% e Parecis com 0%. Para variável V_4 - Preparo de solo, a média observada foi de 32%, com valores de máximo de 73% para Primavera de Rondônia e mínimo de 9% para Pimenta Bueno. Já para a V_5 - Pecuária, a média encontrada foi de 94%. O município Vale do Paraíso atingiu um valor de 99% para Proporção de estabelecimentos com pecuária em relação ao total dos estabelecimentos agropecuários, enquanto Vale do Paraíso obteve 86% sendo considerado o menor valor do Estado.

Tabela 3 – Valores médios, máximos e mínimos observados para cada variável dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia da Região Geográfica Intermediária de Ji-Paraná - RGIJP em dados obtidos no censo agropecuário - IBGE 2017.

Variáveis	Média	Municípios	
		Com Maior Média	Com Menor Média
V_1 - Áreas de Pastagens	70%	90% -Teixeirópolis	36% - Vilhena
V_2 - Controle de doenças	90%	99% - Parecis	66% - Chupinguaia
V_3 - Lavouras	9%	34% - Cerejeiras	0% - Parecis
V_4 - Preparo de solo	32%	73% - Primavera de Rondônia	9% - Pimenta Bueno
V_5 - Pecuária	94%	99% - Vale do Paraíso	86% - Nova Brasilândia D'Oeste
V_6 - Energia elétrica	91%	98% - Teixeirópolis	56% - Primavera de Rondônia
V_7 - QL	1,01	1,31 - Parecis	0,41 - Cabixi



V ₈ - Recursos hídricos	79%	94% - Parecis	47% - Alto Alegre dos Parecis
V ₉ - Vacas ordenhadas	7,58	15,21 - Ouro Preto do Oeste	2,59- Pimenta Bueno
V ₁₀ - Comércio da produção	90%	100% - São Felipe do oeste	53% - Chupinguaia
V ₁₁ - Correção de solo	12%	31% - Vilhena	4% - Urupá
V ₁₂ - Nutrição animal	44%	76% - Vilhena	20% - Castanheiras
V ₁₃ - Sal mineral	85%	95% - Parecis	54% - Vilhena
V ₁₄ - Orientação técnica	24%	57% - Pimenteiras do Oeste	9% - Seringueiras
V ₁₅ - Adubação	21%	61% - Alto Alegre dos Parecis	5% - Urupá
V ₁₆ - Irrigação	11%	37% - Nova Brasilândia D'Oeste	1% - Corumbiara
V ₁₇ - Produção de leite	22,10	30,75 - Ouro Preto do Oeste	14,29 - Nova Brasilândia D'Oeste
V ₁₈ - Internet	34%	54% - São Felipe do Oeste	20% - Chupinguaia
V ₁₉ - Tratores e implementos	17%	76% - Pimenteiras do Oeste	2% - Urupá
V ₂₀ - E-mail	5%	15% - Pimenteiras do Oeste	1% - Parecis

QL = Quociente locacional pecuário, V₉ = Cabeça/Estabelecimentos com bovinos, V₁₇ = Produção de leite em Mil litros.
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Analisando a variável V₆ - Energia elétrica, verificou-se que a média foi de 91%, onde Teixeiraópolis apresentou o maior volume com 98% e Primavera de Rondônia 56% o menor. Em relação ao quesito V₇ - Quociente locacional pecuário a média foi de 1,01, com destaques para os municípios Parecis com 1,31 e município de Cabixi com 41%. Agora para variável V₈ - Recursos hídricos, a média observada foi de 79%, sendo o município de Parecis o que apresentou a maior disponibilidade desse recurso no Estado com 94% e Alto Alegre do Parecis a menor com 47%.

Já em quantidade de V₉ - Vacas ordenhadas a média verificada foi de 7,58, sendo o município de Ouro preto do Oeste o que apresentou a maior quantidade dessa variável 15,21 em contrapartida Pimenta Bueno obteve apenas 2,59. Para variável V₁₀ - Comércio de produção o valor médio obtido foi 90% e os municípios com valor maior e menor foi em São Felipe do Oeste 100% e Chupinguaia 53% respectivamente.

Estudando a variável V₁₁ - Correção de solo observou-se média de 12%. O município com maior valor foi Vilhena 31%, que utiliza a maior correção do solo nos seus estabelecimentos analisados e a menor utilização foi em Urupá com 4%. Já na variável - V₁₂ Nutrição animal com média 44%, pode-se perceber que o município com um alto valor, um total de 76%, foi Vilhena e um baixo Castanheiras 20%. Para o uso de Sal mineral - V₁₃ a média foi 85% e os municípios com maior e menor valor foi Parecis com 95% e Vilhena com 54%.

Ter recebido Orientação técnica - V₁₄ alcançou a média geral de 24% e os municípios com maior valor foi Pimenteiras do Oeste 57% novamente e menor valor Seringueiras 9%. No uso de adubação -V₁₅ a média foi de 21%, e os municípios com maior valor 61% em Alto Alegre do Parecis e menor valor 5% em Urupá. No uso de Irrigação - V₁₆, o valor médio foi de 11% e os municípios com maior valor 37% foi percebido em Nova Brasilândia D'Oeste e com menor valor 1% em Corumbiara. Vale destacar que o município de Pimenteiras do Oeste se destacou com maiores valores em mais duas



variáveis; V₁₉ - Tratores e implementos com 76% e registros de E-mail - V₂₀, com um valor de 15% em comparação aos demais municípios.

No quesito V₁₇ - Produção de leite (mil litros), a média geral da região geográfica de Ji-Paraná foi de 22,10 e com menor valor de 14,29 foi para o município de Nova Brasilândia do Oeste e maior valor para Ouro Preto do oeste com 30,75 mil litros de produção leiteira. Para variável acesso à Internet - V₁₈, a média foi de 34% e o município de Chupinguaia apresentou o menor resultado 20%, sendo o de maior acesso para São Felipe do Oeste com 54%. No item V₁₉ - Tratores e implementos agrícolas o valor médio foi de 17% e Urupá foi o município que mostrou a menor quantidades desses implementos 2%. Já no registro de E-mail -V₂₀, a média e acessos ainda e baixa, com um resultado de 5% e o município de Parecis teve o pior registro com 1%.

Depois do tratamento dos dados pela estatística descritiva, iniciou-se a análise fatorial aplicando-se os testes de normalidade univariada e multivariada. Para o teste de normalidade univariado, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (Degroot; Schervish, 2002; Lopes *et al.*, 2021, Castro; Mota, 2022) e verificou pelo teste que o modelo fatorial pode ser ajustado.

4.3 ANÁLISE FATORIAL DO NÍVEL TECNOLÓGICO DAS PROPRIEDADES RURAIS ESTADO DE RONDÔNIA

A análise fatorial foi aplicada duas vezes ao banco de dados dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia, diante dos resultados, a estimação do modelo fatorial ortogonal foi analisada pelo método de componentes principais (Castro; Mota, 2022). No entanto, somente a segunda análise fatorial foi interpretada devido aos baixos índices gerados pelos testes de KMO (*Kaiser-Meyer-Olkin*) e MAA (Medida de Adequação da Amostra) na primeira análise. Seguindo o critério de corte em que $MAA < 0,5$ é inaceitável para proceder a análise fatorial, foi necessário remover as seguintes variáveis, INSTALAÇÃO DE BENEFICIAMENTO, EFETIVO DE BOVINOS, TELEFONE, VEÍCULOS, UNIDADES ARMAZENADORAS e PRODUÇÃO ORGÂNICA. Após o corte das variáveis, verificou-se novamente as estatísticas do Teste de esfericidade de *Bartlett*, teste KMO e MAA. O valor geral da MAA foi de 0,704 e para as variáveis estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado da Medida de Adequação de Amostra - MAA.

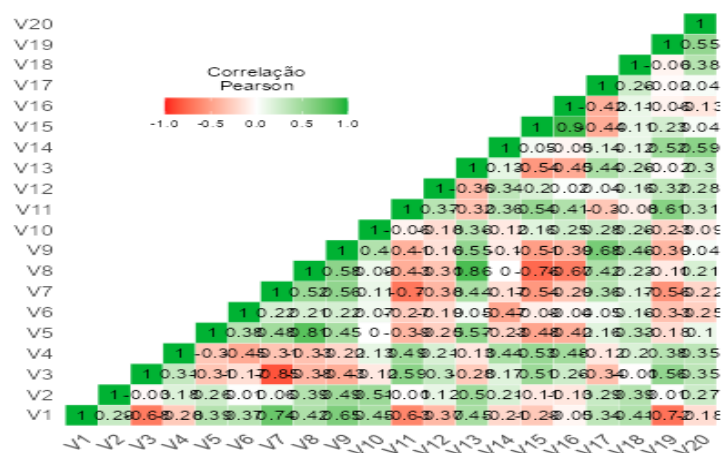
Variáveis	MAA	Variáveis	MAA
V1- Áreas de Pastagens	0,783	V11- Correção do solo	0,734
V2- Controle de doenças	0,638	V12- Nutrição animal	0,595
V3- Lavoura	0,798	V13- Sal mineral	0,730
V4- Preparo do solo	0,863	V14- Orientação técnica	0,713
V5- Pecuária	0,645	V15- Adubação	0,689
V6- Energia elétrica	0,730	V16- Irrigação	0,646
V7- QL	0,803	V17- Produção de leite	0,567
V8- Recursos hídricos	0,682	V18- Internet	0,675
V9- Vacas ordenhadas	0,695	V19- Tratores e implementos	0,629
V10- Comércio da produção	0,757	V20- E-mail	0,695

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



A nova matriz de correlação cumpriu os pressupostos necessários para afirmar que o conjunto de dados é adequado para o uso da técnica, conforme pode ser observado na Figura (3) da matriz de correlação numérica.

Figura 3 – Representação gráfica da matriz de correlação de *Pearson* dos dados dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia'.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A matriz de correlação de Pearson é fundamental na análise fatorial porque revela o padrão de relações lineares entre as variáveis, indicando a direção e a força dessas associações. Correlações elevadas sugerem que as variáveis podem ser explicadas por um mesmo fator subjacente, enquanto correlações muito baixas indicam inadequação para a análise fatorial, já que os fatores não explicariam suficientemente as variáveis observadas (Field, 2013).

Como objetivo da análise fatorial é reduzir a dimensionalidade, agrupando variáveis correlacionadas, a matriz de Pearson serve de base para identificar quais delas se movimentam juntas. Métodos como a Análise Fatorial Exploratória (EFA) e a Análise de Componentes Principais (PCA) utilizam essa matriz para extrair fatores que representam a variância comum. A confiabilidade dos fatores pode ser verificada pela matriz de correlação residual, na qual correlações baixas indicam boa explicação dos dados (Hair, 2009; Field, 2013).

Após checagem dos pressupostos de correlação mínima entre as variáveis, Teste de Bartlett, KMO e MAA, iniciou-se à análise fatorial exploratória pelo método de resíduo mínimo e rotação *varimax*. A rotação foi aplicada para realçar as variáveis mais relevantes, aumentando suas cargas (positivas ou negativas) e reduzindo as menos significativas, aproximando-as de zero. O teste de Bartlett foi significativo a 1% de probabilidade, e o teste KMO apresentou o valor de 0,7921, indicando que a amostra dos dados é adequada à análise fatorial.

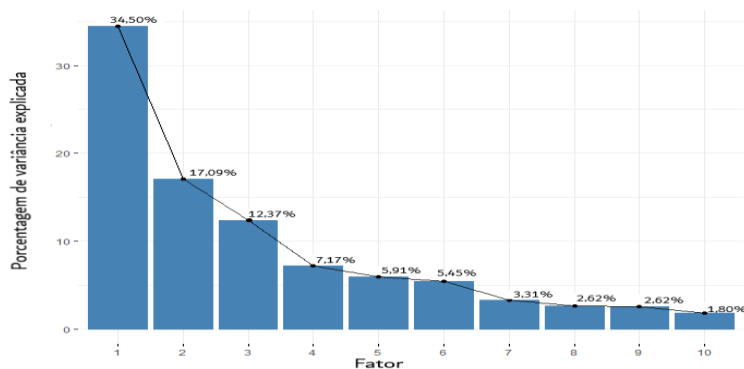
De acordo com o critério de Kaiser-Guttman, apenas os 6 primeiros fatores possuem autovalores maiores que 1 na confirmação da quantidade de fatores adequados, gerou-se o gráfico de



screepplot (Figura (4) confirmou essa seleção, indicando que esses seis fatores são os mais adequados para extração.

Vale ressaltar que determinar o número de fatores em uma Análise Fatorial (AF) é uma etapa crucial, pois afeta diretamente a interpretação e a validade dos resultados (Hair, 2009). Estes seis fatores explicam 82.50% da variabilidade total dos dados.

Figura 4 – *Screepplot* com distribuição proporcional de autovalores da análise fatorial dos dados dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

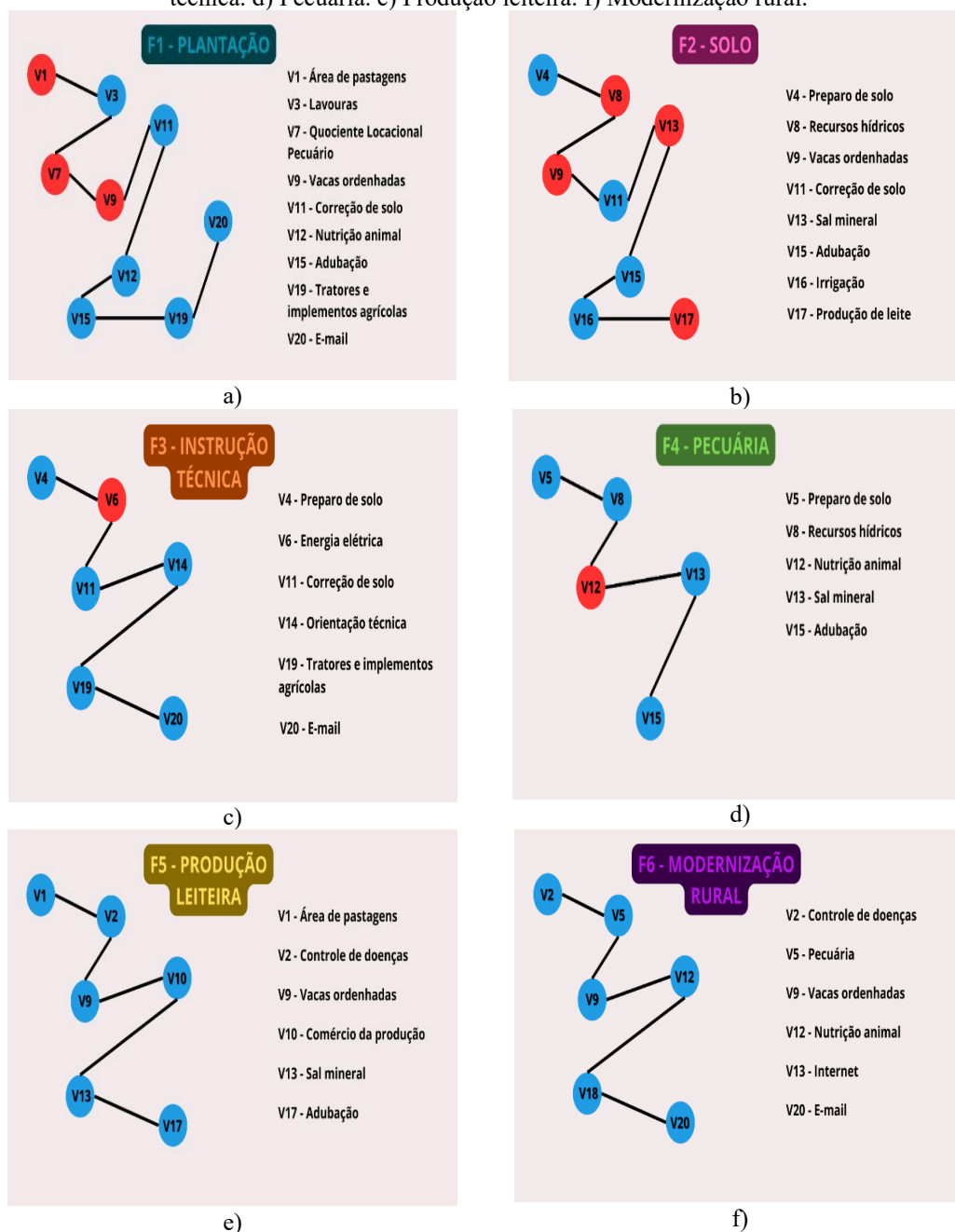
A distribuição de variáveis em seus respectivos fatores, no estudo em questão são 6 fatores, sendo eles: Fator 1 PLANTAÇÃO, Fator 2 SOLO, Fator 3 INSTRUÇÃO TÉCNICA, Fator 4 PECUÁRIA, Fator 5 PRODUÇÃO LEITEIRA e Fator 6 MODERNIZAÇÃO RURAL.

Analisando as demonstrações das distribuições de cargas fatoriais das variáveis nos seus próprios fatores, nota-se cargas positivas e negativas que estão representadas na Figuras (5) nas cores vermelha e azul respectivamente.

As cargas fatoriais juntamente com a comunalidade de cada variável são apresentadas na Tabela (5). O fator 1, por possuir características vinculadas ao setor agrícola foi nomeado PLANTAÇÃO (Figura 5a), que se referem ao percentual de Área de pastagens, Lavouras, Quociente locacional, Vacas ordenhadas, Correção de solo, Nutrição animal, Irrigação, Tratores e implementos agrícolas e E-mail. Este fator tende a ser um fator geral com cargas significativamente altas nessas variáveis, explicando a maior parte da variância.



Figura 5 - Detalhe dos fatores com suas respectivas cargas fatoriais. a) Fator 1 – Plantação. b) Fator 2 – Solo. c) Instrução técnica. d) Pecuária. e) Produção leiteira. f) Modernização rural.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Fator 2, por possuir características vinculadas ao setor de preparação do solo foi denotado SOLO, atestou 17,09% da variabilidade total dos dados (Figura 5b). Apresentando características técnicas o Fator 3 compilou as variáveis apresentadas na Figura 5c) recebendo a atribuição de INSTRUÇÃO TÉCNICA, explicou 12,37% de variância dos dados.

Com particularidades em criação animal o fator 4 – PECUÁRIA, explicou 7,17% da variância total (Figura 5d). Em Rondônia, a alimentação dos rebanhos ocorre estritamente à base de pastagens (natural e/ou plantada) que estabelecem a principal forma de ocupação do solo para fins pecuários. Nos municípios rondonienses, segundo nosso estudo, em média 69,30% da área total dos estabelecimentos com pecuária é ocupado por pastagens.



Tabela 5 – Cargas fatoriais após rotação ortogonal e as respectivas comunalidades.

Variáveis	Fator						Comunalidade
	1	2	3	4	5	6	
V1	-0,771				0,372		0,898
V2					0,598	0,303	0,535
V3	0,825						0,755
V4		0,463	0,568				0,616
V5				0,684		0,326	0,761
V6			-0,619				0,458
V7	-0,884						0,911
V8		-0,532		0,783			0,998
V9	-0,406	-0,425			0,545	0,359	0,809
V10					0,872		0,842
V11	0,627	0,320	0,332				0,636
V12	0,340			-0,419		0,345	0,487
V13		-0,321		0,745	0,450		0,926
V14			0,811				0,713
V15	0,335	0,851		-0,308			0,946
V16		0,937					0,948
V17		-0,511			0,433		0,565
V18						0,807	0,771
V19	0,668		0,516				0,734
V20	0,334		0,552			0,429	0,687

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Já O Fator 5 que possui aspectos produtivos, sendo categorizado como PRODUÇÃO LEITEIRA, explicou 5,91% de variabilidade dos dados e integra as variáveis exposta na Figura 5e). Entre os 52 municípios analisados, constatou-se que 15,6% possuem mais de 70% de sua superfície ocupada com pasto. Estas pastagens são utilizadas pela maioria das propriedades rurais, pois apenas 4 de cada 10 estabelecimentos agropecuários utilizam suas áreas com lavouras.

Compreendendo as tecnologias de ordenha mecanizada, acesso à internet com uso de e mail, computando em tabelas e planilhas o trato pecuário de controle de doenças e registro alimentar dos animais, o Fator 6 com peculiaridades de modernidade tecnológica, explicou 5,45 da variação dos dados e recebeu atribuição de MODERNIZAÇÃO RURAL (Figura 5f).

Especificamente, nos resultados da análise fatorial rotacionada, o fator 1 explica 34,50% da variância total, seguido pelos fatores 2 e 3 que somados explicam 29,46% e 18,53% explicados pelo total dos fatores 4, 5 e 6 restantes, conforme exposto na Tabela (6), com exceção do fator 1, os demais explicam porções progressivamente menores de variância. Esses fatores são baseados na quantia residual de variância. O objetivo de rotacionar a matriz fatorial foi redistribuir a variância dos primeiros fatores para os demais, a fim de tornar a interpretação mais simples e significativa.

A variância explicada indica a proporção da variabilidade total nos dados que é ilustrada por cada fator e pelo modelo como um todo (Lattin *et.al.*, 2011). Por meio da análise fatorial e com a utilização da rotação *varimax*, caracterizou-se os seis fatores que melhor representou as informações dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia. Posteriormente foram calculados os escores fatoriais e padronizados de 0 a 100 para compor o índice tecnológico dos estabelecimentos agropecuários (ITEA), utilizou-se a média ponderada dos fatores pela proporção de explicação da variância total



associada a cada um dos fatores padronizados (Santos *et al.*, 2017). Assim os escores fatoriais padronizados foram processados em cada um dos seis fatores dentro dos 52 municípios. A partir dos valores do ITEA, classificou-se os municípios em níveis tecnológicos. Foram classificados apenas em dois níveis, médio ($50 \leq \text{ITEA} < 75$) e baixo ($25 \leq \text{ITEA} < 50$). Não foi verificado nenhum município com ITEA alto acima de 75 e nenhum foi classificado como muito baixo (< 25).

Tabela 6 - Variabilidade explicada dos dados dos estabelecimentos agropecuários de Rondônia.

Fatores	Autovalores	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1 - Plantação	6,9002	34,50%	34,50%
2 - Solo	3,4171	17,09%	51,59%
3 - Instrução técnica	2,4749	12,37%	63,96%
4 - Pecuária	1,4341	7,17%	71,13%
5 - Produção leiteira	1,1828	5,91%	77,05%
6 - Modernização rural	1,0909	5,45%	82,50%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Pimenteiras do Oeste apresentou o maior nível tecnológico com ITEA 70,45, seguido por Cerejeiras 63,44, Alto Alegre do Parecis 58,68, Cabixi 57,01 e Nova Brasilândia do Oeste 51,01. A forte associação entre estes indicadores ocorre pelo fato de representarem tecnologias com maior nível de adoção pelos produtores regionais nos sistemas de cultivo de lavouras e de pastagens. Nestes municípios, o rebanho bovino concentra-se em estabelecimentos do tipo agricultura familiar. É composto por unidades de produção com tamanho médio de 36,91 hectares, com predominância de áreas de lavouras temporárias e permanentes (44,35%) e as pastagens ocupando em média 16,17% da área total dos estabelecimentos. É um sistema que combina agricultura e pecuária como estratégia de diversificação de renda na unidade de produção, envolvendo a produção de leite para autoconsumo e venda do excedente aos laticínios.

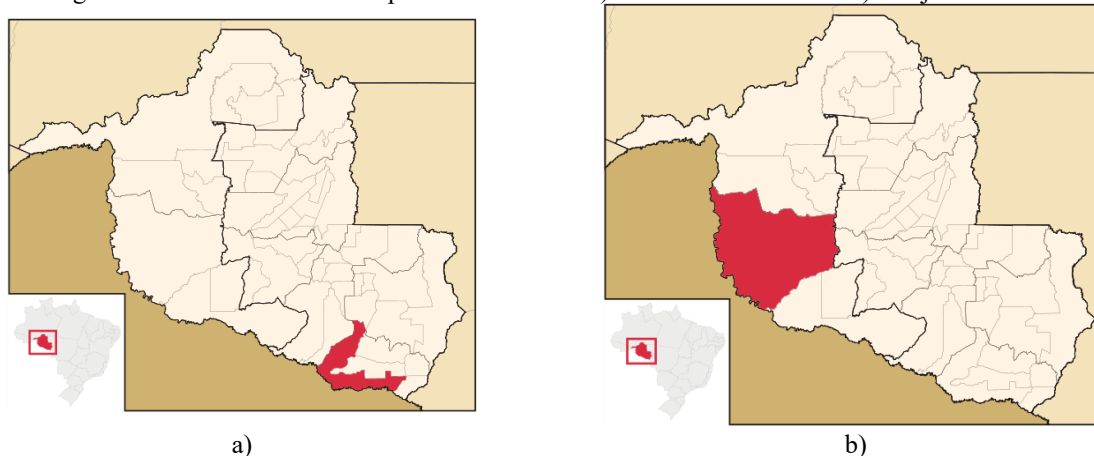
Vale ressaltar que Pimenteiras do Oeste (Figura 6a) é o primeiro município em termos PIB per capita do estado com valor de R\$ 115.753,94. Na comparação com outros municípios ocupa a posição de 149 entre os 5570 municípios do país. Já o percentual de receitas externas em 2023 foi de 90,68%, o que o colocava na quinta posição entre os 52 municípios do Estado de Rondônia, possui área de 6.014,733 km², o que o coloca na décima segunda posição no Estado. Localizado à beira do Rio Guaporé, foi criado em 27 de dezembro de 1995 pela Lei Estadual n.º 645. Em divisão territorial datada de 1988, o distrito de Pimenteiras, figurava no município de Cerejeiras. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1993, desmembrado de Cerejeiras e Cabixi em 1995, passando a denominar-se Pimenteiras do Oeste (IBGE, 2021).

Os 304 estabelecimentos agropecuários analisados ocupam 207.432 hectares e geram trabalho para 1.281 pessoas. No total, possuem 257 tratores, 91 semeadeiras, 78 colheitadeiras e 34



adubadoras/distribuidoras de calcário, representando 151,32% de máquinas em relação ao número de propriedades (IBGE, 2021).

Figura 6 – Detalhes dos Municípios de Rondônia: a) Pimenteiras do Oeste b) Guajará-Mirim.



Fonte: IBGE (2021).

No entanto, categorizados com ITEA baixo encontram-se 47 municípios. Guajará-Mirim (Figura 6b) apresentou o menor índice tecnológico 28,55. Situado na fronteira com a Bolívia, dividido pelo rio Mamoré, possui uma vasta área verde, composta praticamente por vegetação nativa e reservas naturais, possui PIB per capita de R\$ 22.462,79. O município conta com 602 estabelecimentos agropecuários, que ocupam 70.487 hectares e empregam 2.780 pessoas, mas dispõe de apenas 91 tratores, o equivalente a 15,12% das propriedades e praticamente não registra outros implementos agrícolas, o que contribuiu para seu baixo desempenho tecnológico no ITEA

Os indicadores deixam visíveis dois aspectos importantes quanto as propriedades rurais locais. O primeiro é a hegemonia dos sistemas de pastejo extensivo e de cultivo agrícola, cujos resultados são a taxa de lotação média das pastagens de apenas 1,58 UA/ha em 2012 com projeção 1,95 UA/ha em 2031 e o de cultivo agrícola com projeção de uma ocupação de 620 mil hectares de área plantada, dados do Idaron e da Associação dos produtores de Soja e Milho de Rondônia (Aprosoja) (Idaron, 2024). O segundo aspecto de natureza ambiental, pois fica evidente a necessidade de regularização ambiental, na busca em atender o disposto no Decreto Federal nº 11.015 que aborda a regularização ambiental dos estabelecimentos rurais (Brasil, 2022).

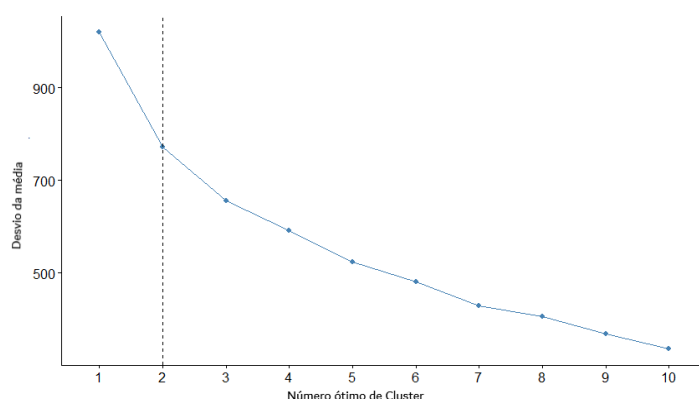
Os sistemas produtivos dos estabelecimentos rurais de Rondônia constam de uma tecnologia heterogênea, esse sinal dá-se pelo fato que ao mesmo tempo encontramos propriedades com estratégias de produção com níveis de adesão de tecnologias bem diferentes. Dentre os 52 municípios estudados, 5 foram classificados com índice tecnológico, médio. Todos municípios com maiores níveis pertencem a região geográfica intermediária de Ji-Paraná, composta por 34 municípios, alcançando 14,71% de representatividade com nível médio no total de municípios do estado.



4.4 ANÁLISE DE *CLUSTER* DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Quanto ao número de grupos, a solução com dois *clusters* mostrou ser melhor em todos processamentos. Tal afirmação baseia-se no comando *Mclust* () que apresenta graficamente o número de *cluster* ótimo (Figura 7) e também validado por meio do método de *Elbow* (cotovelo), com a demonstração da posição de uma curva (cotovelo) no gráfico, considerando como um indicador do número adequado de *clusters*. Verificando o *screeplot* podemos observar uma desaceleração no declive, assim o número ideal de *clusters* segundo o método de *Elbow* são 2 (dois).

Figura 7 – Detalhe do número ótimo de *clusters* por meio do *Scree plot*.

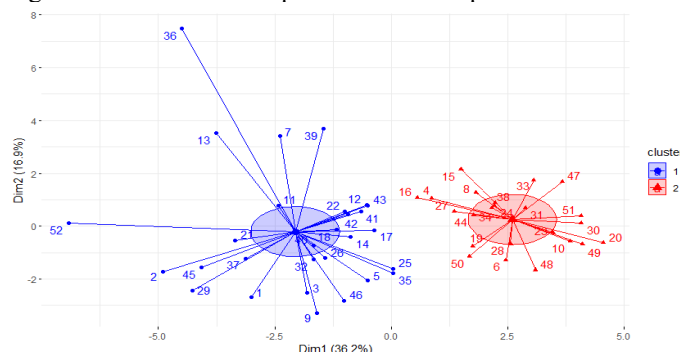


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise de agrupamentos indica que a divisão em dois *clusters* representa bem as diferenças entre os municípios, com o *cluster* 2 mostrando maior distinção em relação aos demais. A Figura 8 confirma essa separação, demonstrando uma formação consistente dos grupos com base na distância euclidiana.

No *cluster* 1, o algoritmo *K-means* agrupou 29 municípios, entre eles Alta Floresta D'Oeste, Alto Alegre do Parecis, Ariquemes, Cabixi, Cacoal, Cerejeiras, Guajará-Mirim, Machadinho D'Oeste, Nova Brasilândia D'Oeste, Pimenteiras do Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura, Vilhena e outros, conforme ilustrado nas Figuras 8 e 9a.

Figura 8 – Detalhe da frequência de municípios em cada *cluster*.

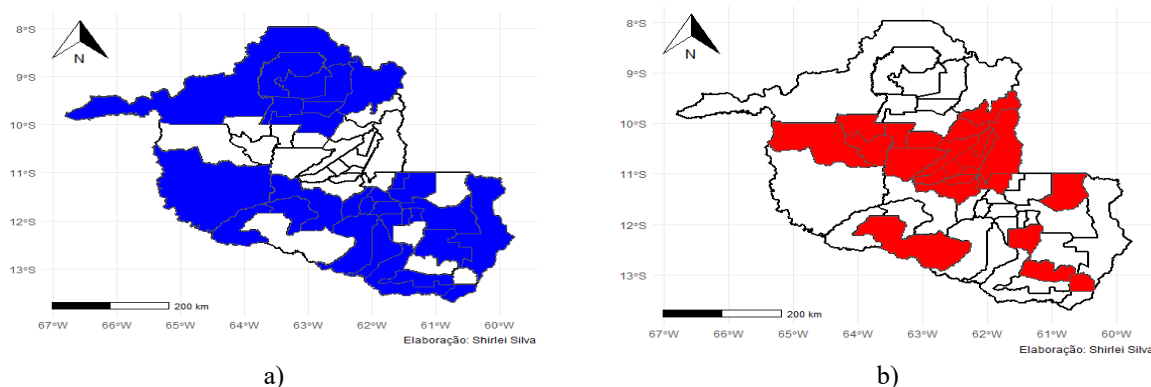


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



No entanto, o *cluster 2*, alocou 23 municípios: Alvorada do Oeste (4), Buritis (6), Cacaulândia (8), Campo Novo de Rondônia(10), Colorado D'Oeste (15), Corumbiara (16), Espigão D'Oeste (19), Governador Jorge Teixeira (20), Jaru (23), Ji-Paraná (24), Mirante da Serra (27), Monte Negro(28), Nova Mamoré(30), Nova União (31), Ouro Preto do Oeste (33), Parecis(34), Presidente Médice (38), São Francisco do Guaporé (44), Teixeirópolis (47), Theobroma (48), Urupá (49), Vale do Anari (50) e Vale do Paraíso (51), segundo demonstram as Figuras (8 e 9b).

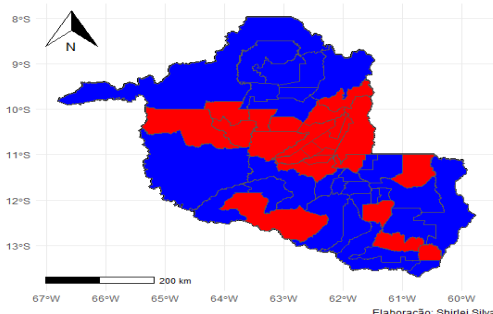
Figura 9– Detalhe do posicionamento dos cluster a) Imagem espacial dos municípios pertencentes ao *cluster 1*.b) Imagem espacial dos municípios pertencentes ao *cluster 2*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Podemos observar por meio da Figura (10) que o *cluster 2* concentrou-se em uma localização do estado praticamente abrangendo a região central, possuindo apenas 5 municípios dispersos, mas mantendo as similaridades dos demais 18, entretanto o *cluster 1* com características extrativistas reuniu-se nas extremidades do estado. Esta análise foi realizada no intuito de fazer um levantamento sobre algumas características importantes dos municípios de Rondônia e verificar sua localização em relação a classificação dos níveis tecnológicos.

Figura 10 – Imagem espacial da subdivisão de Rondônia em 2 *clusters*.



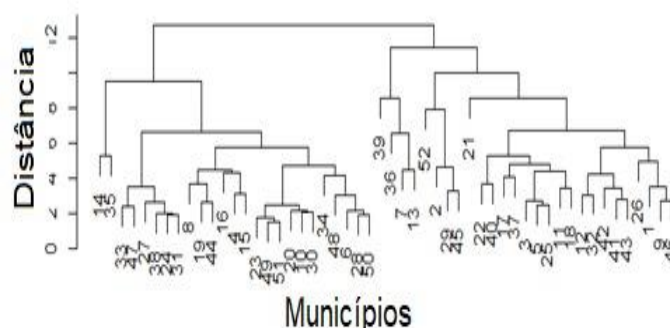
Fonte: Silva *et al.*(2026).

A medida de dissimilaridade utilizada foi a distância euclidiana, e para composição dos agrupamentos foi empregado o método *complete linkage* (ligação completa). O corte feito no eixo da dissimilaridade do dendrograma foi na altura 1,5, o que demonstrou a composição de 2 prováveis



grupos e com base no dendrograma observado na Figura (11), verificou-se, por intermédio do agrupamento aglomerativo com ligação completa, considerando a dissimilaridade entre o par de objetos mais próximo, embora a ligação completa tenha tendência de produzir agrupamentos convenientes e homogêneos, estes não são necessariamente levados pela modalidade natural dos dados. A ligação completa pode ser altamente sensível a discrepância nos dados (Lattin *et.al.*, 2011). Considerando 27 municípios com uma representação de 51,92% do total dos 52 municípios para o cluster 1 obtido pela análise hierárquica. No segundo Cluster foram indicados 25 municípios, com uma representatividade 48,08% do total, mostrando uma pequena mudança após a utilização de um método hierárquico de agrupamento.

Figura 11 – Dendrograma de Rondônia de 2 clusters.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os 5 municípios que apresentaram o maior nível tecnológico se encontram distribuídos da seguinte maneira, Pimenteiras do Oeste, Cerejeiras, Alto Alegre dos Parecis, Cabixi e Nova Brasilândia do Oeste, estão localizados no cluster 1, utilizando o Algoritmo *K-means* e método hierárquico de agrupamento. Assim, subentende-se que estes retêm maior similaridade entre si em termos do desempenho dos indicadores de nível tecnológico para os estabelecimentos agropecuários de Rondônia, observando peculiaridades distintas dos demais. Quando observados os resultados dos agrupamentos, as distribuições apresentaram semelhanças nas duas análises, onde apenas ocorreu a mudança de dois municípios que foram, Chupinguaia (14) e Pimenta Bueno (35) que estavam no cluster 1 pelo *K-means* e no hierárquico foram para o cluster 2.

Cabe complementar que a análise de agrupamento é uma ferramenta importante para reconhecimento de padrões e mineração de dados, com *K-means* sendo vantajoso por sua simplicidade e escalabilidade, enquanto o agrupamento hierárquico fornece insights detalhados por meio de dendrogramas, mas pode ser computacionalmente caro para grandes conjuntos de dados” (Tan; Steinbach; Kumar, 2018).

Verificou-se que ambas análises de agrupamento podem ser utilizadas devido a pouca quantidade de dados referentes ao censo agropecuário dos estabelecimentos rurais do Estado de



Rondônia, em trabalhos futuros pretende-se testar essa análise para diferentes medidas de distância entre os *clusters*, para verificar se ocorre uma mudança de localização dos municípios, pois para esta análise utilizou-se apenas a distância euclidiana.

A distribuição espacial dos clusters em Rondônia corrobora os achados de Silva *et al.* (2026b). A formação do Cluster 1, que aglutinou 29 municípios, revela uma dinâmica espacial interessante nas extremidades do estado de Rondônia. Embora este grupo reúna municípios com características extrativistas, é nele que se encontram as cinco localidades com os maiores Índices Tecnológicos dos Estabelecimentos Agropecuários (ITEA): Pimenteiras do Oeste, Cerejeiras, Alto Alegre dos Parecis, Cabixi e Nova Brasilândia do Oeste.

O destaque de Pimenteiras do Oeste, com um ITEA de 70,45, não é um dado isolado da sua realidade financeira. O município detém o maior PIB per capita do estado (R\$ 115.753,94), ocupando uma posição de prestígio nacional (149º lugar entre os 5.570 municípios brasileiros). A correlação entre riqueza e tecnologia é evidenciada pela posse de maquinário; o município possui 151,32% de máquinas em relação ao número de propriedades, o que indica que muitos estabelecimentos possuem mais de um implemento essencial (tratores, semeadeiras ou colheitadeiras). Esse nível de investimento reflete-se no Fator 6 (Modernização Rural), onde o uso de e-mail e internet se torna uma ferramenta de gestão, e não apenas de lazer.

Em oposição direta, Guajará-Mirim (também no Cluster 1, mas no extremo inferior da escala) apresenta o menor índice tecnológico (28,55). Apesar de possuir 602 estabelecimentos, conta com apenas 91 tratores (15,12% das propriedades), evidenciando uma agricultura de subsistência ou de baixo valor agregado, contrastando com a grandeza de Pimenteiras.

Já o Cluster 2, que abrange a região central de Rondônia, demonstra uma homogeneidade em níveis médios/baixos, sugerindo que, apesar da proximidade com polos como Ji-Paraná, a disseminação tecnológica ainda enfrenta barreiras estruturais ou de extensão rural.

Essa heterogeneidade tecnológica confirma que o agronegócio em Rondônia opera em duas velocidades. De um lado, municípios que integraram a lavoura à pecuária como estratégia de diversificação de renda; de outro, regiões que mantêm o pastejo extensivo com baixa taxa de lotação (média de 1,58 UA/ha em 2012). A transição para o nível de "Alto Nível Tecnológico" (ITEA > 75), que não foi atingido por nenhum município, depende da conversão do Fator 3 (Instrução Técnica) em práticas onipresentes no campo

5 CONCLUSÃO

A aplicação da modelagem estatística multivariada sobre os registros do Censo Agropecuário permitiu identificar com rigor a heterogeneidade e a dualidade tecnológica que caracterizam os 52 municípios de Rondônia. A análise fatorial rotacionada (*varimax*) demonstrou-se robusta e suficiente,



condensando as variáveis originais em seis fatores fundamentais. Plantação, Solo, Instrução Técnica, Pecuária, Produção Leiteira e Modernização Rural, que juntos explicam 82,50% da variância acumulada do setor. Os resultados revelam um cenário de modernização seletiva. Especialmente, a região geográfica intermediária de Ji-Paraná apresenta níveis de tecnificação superiores aos da região de Porto Velho, corroborando tendências de consolidação produtiva já observadas na Amazônia Oriental. A validação da análise de *cluster* por meio dos métodos *K-means* e hierárquico confirmou a formação de dois agrupamentos principais, evidenciando padrões de similaridades que podem orientar intervenções regionais personalizadas

Verificou-se com o estudo que a totalidade dos municípios rondonienses foi classificada apenas nos níveis médio e baixo de desenvolvimento tecnológico. Embora o município de Pimenteiras do Oeste tenha se destacado com o maior ITEA (70,45), nenhum município atingiu o patamar de "alto nível" ($ITEA \geq 75$). Esta predominância de índices intermediários e reduzidos não deve ser vista apenas como um limite produtivo, mas como uma clara janela de oportunidade para a intensificação de investimentos em extensão rural, difusão tecnológica e políticas de crédito voltadas à inovação.

Em suma, o uso da análise multivariada provou-se adequado e essencial para gerir a complexidade dos estabelecimentos rurais no Estado. A transição para patamares tecnológicos superiores exigirá um esforço coordenado para converter os fatores de Instrução Técnica e Modernização Rural em práticas acessíveis, especialmente para a agricultura familiar, garantindo que o crescimento econômico de Rondônia seja acompanhado de eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. Conclui-se que a modelagem multivariada é uma ferramenta robusta e adequada para subsidiar diagnósticos regionais e nortear políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável em Rondônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Modelos Estatísticos, Matemáticos e Fuzzy – MEMF.



REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. Estatística para ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação, 3ª ed., Florianópolis Ed. da UFSC, 2013.
- BEZDEK, J. C., Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, 1st ed. Springer, US. 1981.
- CASTRO, L. N. de.; FERRARI, D. G., Introdução à mineração de dados: conceitos básicos, algoritmos e aplicações, - São Paulo, Saraiva, 2016.
- CASTRO, E. H. A. de; MOTA, V. C. Aplicação da análise fatorial na caracterização dos acidentes de trânsito na BR-364 em Rondônia. Conjecturas, v. 22, n. 2, p. 87-106, 2022.
- CARVALHO, A. Tecnologia na pecuária e seus benefícios. AGRON – Agronegócios Online, 2022. Disponível em:<https://agron.com.br/noticias/colunistas/2022/02/04/os-beneficios-da-tecnologia-na-producao-pecuaria/>. Acesso em: 04 dez. 2022.
- CAVALCANTE, C. R. F.; GÓES, B. S. "O desafio da gestão ambiental em Rondônia: um estudo sobre a pressão agropecuária nos municípios com e sem Unidades de Conservação da Natureza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Vol. 2. 2011.
- CONAB, 2024, Produção de grãos é estimada em 320,1 milhões de toneladas com ganhos de área e produtividade. Disponível em:<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5116-producao-de-graos-e-estimada-em-320-1-milhoes-de-toneladas-com-ganhos-de-area-e-produtividade>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- CONAB, 2026, Rondônia projeta recuperação no café e crescimento na produção de grãos. Disponível em:<https://ac24agro.com/2026/03/26/rondonia-projeta-recuperacao-no-cafe-e-crescimento-na-producao-de-graos>. Acesso em 28 mar. 2026
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia, São Paulo: Atlas, 2017.
- DAMÁSIO, B. F. Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. Avaliação Psicológica, Interamerican Journal of Psychological Assessment, v. 11, n. 2, p. 213-228, 2012.
- DEGROOT, M. H.; SCHERVISH, M. J. Probability and Statistics. 3rd Ed. Addison Wesley, 2002.
- EMBRAPA, Produção de grãos em Rondônia na safra 2023/2024 está estimada em mais de quatro milhões de toneladas, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/90053472/producao-de-graos-em-rondonia-na-safra-20232024-esta-estimada-em-mais-de-quatro-milhoes-de-toneladas> Acesso em: 09 jul. 2024.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. Manual de Análise de Dados, 1ª ed. – Rio de Janeiro, 2021.
- FIELD, A. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics, 4th ed. Sage Publications, 2013.
- GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. Impactos do crédito rural sobre variáveis do agronegócio. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017. Apresentação no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA em Brasília, 20 de março de 2017.



HADDAD, P. R. Medidas de localização e de especialização. In: HADDAD, P. R. et al. (Org.). ECONOMIA REGIONAL: TEORIAS E MÉTODOS DE ANÁLISE. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989.

HAIR, J. F. Jr. et al. Análise Multivariada de dados, 8ª ed. - Porto Alegre, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2017). Base de dados por municípios das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias do Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html>. Acesso em: 21 fev. 2024.

IDARON, AGÊNCIA DE DEFESA SANITÁRIA AGROSILVOPASTORIL DO ESTADO DE RONDÔNIA, 2024, Rondônia mantém produtividade dentro da média nacional mesmo com reflexos do El Niño afetando o desenvolvimento da soja. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/rondonia-mantem-produtividade-dentro-da-media-nacional-mesmo-com-reflexos-do-el-nino-afetando-o-desenvolvimento-da-soja/>. Acesso em: 28 jul. 2024.

IDARON - AGÊNCIA DE DEFESA SANITÁRIA AGROSILVOPASTORIL DO ESTADO DE RONDÔNIA, 2025, Atuação do governo de RO fortalece a pecuária; estado é líder em exportação de carne na Região Norte. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/atuacao-do-governo-de-ro-fortalece-a-pecuaria-estado-e-lider-em-exportacao-de-carne-na-regiao-norte/> Acesso em: 28 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2021). Cidades e Estados. Disponível em: <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro.html>. Acesso em: 21 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2024). Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39306-com-alta-recorde-da-agropecuaria-pib-fecha-2023-em-2-9>. Acesso em: 01 mar. 2024.

JAMOVI project (2024). Jamovi. (Version 2.3.21). Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 23 jan. 2024.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 3a ed. New York, Prentice Hall, 2002.

KAISER, H. F. The varimax criterion for varimax rotation in factor analysis. Psychometrika, v. 23, n. 3, p. 187–204, 1958.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. Análise de dados multivariados. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

LOPES, K. L. M.; MOTA, V. C.; SILVA, A. N. da; SILVA, R. J. de S. da. Estatística experimental aplicada em ensaio de competição de variedades de feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L.), Braz. J. of Development, v.7, n. 3, p. 30442-30459, 2021.

MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. Métodos Estatísticos Multivariados: uma introdução, 4ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2019.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada, 1ª ed. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2005.



MOTA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; LEITE, D. F. Fuzzy clustering and fuzzy validity measures for knowledge discovery and decision making in agricultural engineering, *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 150, p.118-124, 2018.

NETO, R. C.; ARAÚJO L. V. de; SILVA, F. de A. C., Valor da produção agrícola, PIB per capita e PIB agropecuário relacionados às principais culturas agrícolas de Rondônia: uma contextualização, Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2022.

PFEIFER et al. CARACTERIZAÇÃO DA PECUÁRIA EM RONDÔNIA, Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1136523/1/cpafro-18627.pdf> Acesso em: 22 mar. 2024.

R. A language and environment for statistical computing, R Development Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 22 jan. 2024.

ROSA NETO, C.; SILVA, F.; ARAUJO, L. V. de. Correlação entre valor da produção agrícola e produto interno bruto per capita: o caso de Rondônia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 59., 2021, Brasília. Ações coletivas e resiliência: inovações políticas, socioeconômicas e ambientais. Brasília: Sober, 2021., 2021.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 45, n. 3, p. 749-775, 2007.

SANTOS, M. A. S. dos et al. Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 60, n. 1, p. 103-111, 2017.

SENA, A. D. S. et al. (2010). Concentração espacial e caracterização da pecuária leiteira no estado do Pará. In: CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande, MS. Tecnologias, desenvolvimento e integração social. Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010.

SILVA, S. dos S.; et al. da, Uso da análise fatorial e de cluster na caracterização dos estabelecimentos agropecuários em Rondônia, *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v.19, n.1, p. 01-27, 2026a.

SILVA, Shirlei dos Santos; et al. Elaboration and statistical Analysis of the Technological index of Agricultural Establishments (ITEA) in Rondônia. *Artefactum - revista de estudos interdisciplinares*, [S. l.], v. 25, n. 1, p. e2488, 2026. DOI: 10.23900/artefactum.v25i1.2488. Disponível em: <https://www.artefactumjournal.com/index.php/artefactum/article/view/2488>. Acesso em: 30 mar. 2026b.

SIMÕES, A. R. P.; REIS, J. D. dos; AVELAR, P. S. A heterogeneidade tecnológica da pecuária leiteira em Minas Gerais. *Agrarian*, v. 10, n. 37, p. 261-269, 2017.

TAN, P. N., STEINBACH, M.; KUMAR, V. *Introduction to Data Mining*. 2ª ed. Editora: Pearson, 2018.