



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL**

**TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO E
EPIDEMIOLOGIA DA TUBERCULOSE BOVINA
NA BOVINOCULTURA LEITEIRA DO BRASIL**

TATHIANA MARQUES BARRETO

TESE DE DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL

**BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO/2023**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL**

**TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO E
EPIDEMIOLOGIA DA TUBERCULOSE BOVINA
NA BOVINOCULTURA LEITEIRA DO BRASIL**

TATHIANA MARQUES BARRETO

ORIENTADOR: VÍTOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES

TESE DE DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MEDICINA PREVENTIVA E PATOLOGIA VETERINÁRIA

**LINHA DE PESQUISA: EPIDEMIOLOGIA, PREVENÇÃO E CONTROLE DE DOENÇAS
ANIMAIS E GESTÃO DOS RISCOS PARA A SAÚDE PÚBLICA**

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA/DF

NOVEMBRO/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL

TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO E EPIDEMIOLOGIA DA TUBERCULOSE BOVINA NA BOVINOCULTURA LEITEIRA DO BRASIL

TATHIANA MARQUES BARRETO

TESE DE DOUTORADO
SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE
ANIMAL, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE
DOUTOR EM SAÚDE ANIMAL.

APROVADA POR:

VITOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES, Prof. Dr.
(FAV/UnB) (ORIENTADOR)

JOSÉ SOARES FERREIRA NETO, Prof. Dr. (FMVZ/USP)
(EXAMINADOR EXTERNO)

SILVIA HELENA GALVÃO DE MIRANDA, Profa. Dra.
(ESALQ/USP) (EXAMINADORA EXTERNA)

JOSÉ RENATO JUNQUEIRA BORGES, Prof. Dr.
(FAV/UnB) (EXAMINADOR INTERNO)

O trabalho foi apoiado pela agência de fomento CAPES por meio de bolsa de estudos.

BRASÍLIA/DF, 28 DE NOVEMBRO DE 2023

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

BARRETO, T.M. TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO E EPIDEMIOLOGIA DA TUBERCULOSE BOVINA NA BOVINOCULTURA LEITEIRA DO BRASIL. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, XXX, XX p. Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, que foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MB273t Marques Barreto, Tathiana
Tipologias de Produção e Epidemiologia da Tuberculose Bovina na Bovinocultura Leiteira do Brasil / Tathiana Marques Barreto; orientador Vitor Salvador Picão Gonçalves. -- Brasília, 2023.
86 p.

Tese(Doutorado em Saúde Animal) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Tipologias produtivas da bovinocultura de leite do Brasil. 2. Mapeamento de risco de tuberculose bovina e associação com tipologias de produção nos seis maiores estados produtores de leite do Brasil. 3. Caracterizar as práticas de manejo sanitário que impactam a saúde animal e a saúde pública. 4. Estimar a prevalência de rebanhos leiteiros para tuberculose bovina. I. Salvador Picão Gonçalves, Vitor , orient. II. Título.

RESUMO

A bovinocultura leiteira é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, com a produção concentrada nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Caracteriza-se por grande diversidade de tipos de estabelecimentos de produção, os quais se distribuem de forma bastante heterogênea no território nacional. Isso dificulta a disponibilidade de informações e estatísticas representativas de uma realidade tão diversa e complexa, as quais poderiam facilitar o planejamento das políticas de desenvolvimento pecuário sustentável, de defesa sanitária animal e de proteção do consumidor. Em virtude da importância do leite para a economia, para a segurança alimentar, e considerando os riscos para a saúde pública, torna-se necessário caracterizar as formas de produção leiteira no país para entender a sua associação com problemas de saúde única. A tuberculose bovina é uma das zoonoses que, além de afetar a saúde pública, impacta a saúde dos bovinos leiteiros, causando perdas econômicas à agropecuária, como diminuição da produção do leite. O presente estudo utilizou bancos de dados já disponíveis, oriundos dos estudos de prevalência de tuberculose bovina dos seis maiores estados produtores de leite, com o objetivo de caracterizar os seus rebanhos leiteiros e relacionar as práticas produtivas ao risco de tuberculose bovina. A tipificação da bovinocultura leiteira foi realizada usando método combinado por duas etapas, via análise de agrupamento. Inicialmente foi empregado o algoritmo K-modes, de aprendizado de máquina, que permitiu identificar as variáveis que classificavam o tipo de ordenha (manual/mecânica) realizado na propriedade e se a propriedade vendia leite no mercado formal, como fatores determinantes das tipologias produtivas; com base nesta classificação as propriedades foram agrupadas no banco de dados, em quatro tipologias denominadas: propriedades sem mecanização de ordenha e sem entrega de leite (39.4%); propriedades sem mecanização de ordenha e com entrega de leite (29.4%); propriedades com ordenha mecânica ao pé e entrega de leite (21.3%) e propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e entrega de leite (9.9%). A distribuição espacial das tipologias revelou que o primeiro grupo se encontra amplamente distribuído no espaço geográfico amostrado, com maior concentração em SP, mas também com presença importante nos estados do Sul. A localização das propriedades mais tecnificadas coincidiu com as regiões de maior produção de leite. As prevalências estaduais ponderadas de tuberculose bovina, de cada tipo de propriedade leiteira foram: propriedades sem ordenha mecânica e entrega de leite: GO 2.3% (IC 95% 0.75 – 7.0), MG 1.7% (IC 95% 0.1 – 3.6), SP 7.0% (IC 95% 5.1 – 9.4), PR 0.73% (IC 95% 0.02 – 3.0), SC 0.0% e RS 1.5% (IC 95% 0.05 – 9.4); propriedades sem mecanização e que participam do mercado formal de leite: GO 3.5% (IC 95% 2.0 – 6.22), MG

4.3% (IC 95% 3.0 – 6.1), SP 14.1% (IC 95% 10.3 – 19.0), PR 3.7% (IC 95% 1.6 – 8.13), SC 0.0% e RS 3.2% (IC 0.05 – 16.3); propriedades com ordenha tipo mecânica ao pé : GO 6.5% (IC 95% 2,5 – 16,13), MG 9.5% (6.4 – 8.17), SP 26.1% (IC 95% 18.2 – 36.0), PR 3.2% (IC 95% 1.6 – 8.13), SC 0.8% (IC 95% 0.02 – 3.02) e RS 7.22% (IC 95% 4.0 – 13.22), e para as mais tecnificadas, que possuíam sala de ordenha, GO 10.9% (IC 95% 6.0 – 19.0), MG 10% (IC 95% 6.0 – 16.2), SP 44.6% (IC 95% 24.3 – 67.0), PR 3.9% (IC 95% 1,73 – 8,5), SC 4.6% (IC 95% 1.3 – 15.2) e RS 6.6% (IC 95% 2.3 – 16.8. Tais resultados deixaram evidente que a prevalência aumenta com a intensificação da produção, provavelmente em função da forma de criação dos animais, com maior densidade e em ambientes mais fechados. Há, também, grande heterogeneidade de prevalência de rebanho entre os estados, para todas as tipologias. Foi realizado modelo de regressão logística multivariável, no qual a variável relacionada às tipologias de produção foi composta por três categorias, unindo-se as duas categorias de maior tecnificação. O resultado indica que a maior tecnificação da produção, o aumento do tamanho dos rebanhos e a compra de animais, são fatores que contribuem para aumentar o risco de bTB. Porém, os resultados deste estudo ressaltam que quase 70% das propriedades leiteiras são de baixo nível tecnológico e sequer possuem ordenha mecanizada, contribuindo assim para uma fração importante dos focos de tuberculose bovina nas regiões estudada. O sistema de vigilância e controle precisa integrar esta realidade às medidas preconizadas. Este estudo traz uma perspectiva mais detalhada e abrangente sobre a epidemiologia da tuberculose bovina nas principais regiões leiteiras do Brasil, fornecendo uma base de conhecimento para direcionamento e priorização de políticas de vigilância e controle desta importante zoonose. Os modelos de rebanho identificados e sua associação com a presença da tuberculose também permitem desenvolver estudos de impacto econômico e das medidas implantadas para mitigar os riscos relacionados à doença.

Palavras-chave: tipologia produtiva; tuberculose bovina; bovinocultura leiteira, análise de agrupamento.

ABSTRACT

Dairy cattle farming is one of the main activities of Brazilian agribusiness, with production concentrated in the states of Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. It is characterized by a great diversity of types of production establishments, which are distributed quite heterogeneously across the national territory. This makes it difficult to make available information and statistics representative of such a diverse and complex reality, which could facilitate the planning of sustainable livestock development, animal health and consumer protection policies. Due to the importance of milk for the economy, for food security, and considering the risks to public health, it is necessary to characterize the systems of dairy production in the country to understand their association with one health challenges. Bovine tuberculosis is one of the zoonoses that, in addition to affecting public health, impacts the health of dairy cattle, causing economic losses to agriculture, such as a decrease in milk production. The present study used available databases, originating from bovine tuberculosis prevalence studies in the six largest milk-producing states, with the aim of characterizing their dairy herds and relating production practices to the risk of bovine tuberculosis. Dairy cattle typification was carried out using a combined two-step method, via cluster analysis. Initially, the K-modes machine learning algorithm was used, which allowed the identification of variables that classified the type of milking (manual/mechanical) carried out on the property and whether the property sold milk on the formal market, as determining factors of production typologies. Based on this classification, the properties were grouped in the database into four typologies called: properties without mechanization of milk production and without milk delivery (39.4%); properties without mechanization of milk production but with milk delivery (29.4); properties with mobile mechanical milking and milk delivery (21.3%) and properties with milking parlor and milk delivery (9.9%). The spatial distribution of the typologies revealed that the most rudimentary group is widely distributed, with a greater concentration in SP but also in the south of the country. The location of the most technologically advanced properties coincided with the regions with the highest milk production. The weighted state bovine tuberculosis prevalences of dairy herds were: properties without mechanization of milk production and without milk delivery: GO 2.3% (95% CI 0.75 – 7.0), MG 1.7% (95% CI 0.1 – 3.6) , SP 7.0% (95% CI 5.1 – 9.4), PR 0.73% (95% CI 0.02 – 3.0), SC 0.0% and RS 1.5% (95% CI 0.05 – 9.4); properties without mechanization of milk production but with milk delivery: GO 3.5% (95% CI 2.0 – 6.22), MG 4.3% (95% CI 3.0 – 6.1), SP 14.1% (95% CI 10.3 – 19.0), PR 3.7% (95% CI 1.6 – 8.13), SC 0.0% and RS 3.2% (CI 0.05 – 16.3); properties with mobile mechanical milking: GO 6.5% (IC 95% 2.5 – 16.13), MG 9.5% (95% CI 6.4 – 8.17), SP 26.1%

(IC 95% 18.2 – 36.0), PR 3.2% (IC 95 % 1.6 – 8.13), SC 0.8% (IC 95% 0.02 – 3.02) and RS 7.22% (CI 95% 4.0 – 13.22), and for the ones with intensive dairy system farming, which had a milking parlor, GO 10.9% (CI 95% 6.0 – 19.0), MG 10% (95% CI 6.0 – 16.2), SP 44.6% (95% CI 24.3 – 67.0), PR 3.9% (95% CI 1.73 – 8.5), SC 4.6% (95 CI % 1.3 – 15.2) and RS 6.6% (95% CI 2.3 – 16.8). Such results made it clear that the prevalence increases with the intensification of production, probably due to the way the animals are raised, with greater density and in more closed environments. There is also great heterogeneity in herd prevalence between states, for all types. A multivariable logistic regression model was carried out, in which the variable related to production typologies was composed of three categories, combining the two categories with greater technology. The result indicates that the most technology of production, the increase in herd size and the purchase of animals are factors that contribute to increasing the risk of bTB. This study highlights the fact that almost 70% of dairy herds are of low productivity and don't use mechanized milking, which means that such herds account for an important fraction of the bTB cases in the region under study and cannot be ignored by the strategies adopted by the surveillance and control system. This study brings a more detailed and comprehensive perspective on the epidemiology of bovine tuberculosis in the main dairy regions of Brazil, providing a knowledge base for targeting and prioritizing surveillance and control policies for this important zoonosis. The identified herd models and their association with the presence of tuberculosis also allow for the development of economic impact studies and the measures implemented to mitigate the risks related to the disease.

Key words: typology of production; bovine tuberculosis; dairy cattle, cluster analysis.

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo 1	
Tabela 1. Análise de agrupamento do algoritmo K-modes das variáveis tipificadoras da bovinocultura de leite dos seis estados maiores produtores de leite do Brasil.	27
Tabela 2. Frequência das variáveis tipificadoras da bovinocultura de leite nos clusters	29
Tabela 3. Análise descritiva da variável total de fêmeas adultas, em percentis, dividida pelas quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite.	31
Tabela 4. Frequência das características das quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite, dos seis maiores estados produtores de leite do Brasil.	32
Tabela 5. Proporção de propriedades que informaram produzir queijo e manteiga dentre os estados, por tipologia produtiva.	33
Tabela 6. Frequências das quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite nos seis maiores estados produtores do Brasil.	33
Capítulo 2	
Tabela 1. Prevalências de rebanho da amostra por tipologias produtivas dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP	58
Tabela 2. Total de propriedades foco por tipologia e estado.	60
Tabela 3. Modelo de regressão logística <i>model-based</i> para tuberculose bovina dos estados de GO, MG, SP, PR, SC e RS.	61
Tabela 4. Modelo de regressão logística <i>design-based</i> para tuberculose bovina dos estados de GO, MG, SP, PR, SC e RS	63

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo 1	
Figura 1. Divisão geográfica dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP, delineando seus respectivos circuitos produtivos.	22
Figura 2. Gráfico do cotovelo com valor ótimo de k do banco de dados	26
Figura 3. Box plot do total de fêmeas adultas das três tipologias produtivas sem outliers	28
Figura 4. Frequência relativa da variável tipo de ordenha dividida pelos 3 grupos.	30
Figura 5. Distribuição espacial da tipologia sem ordenha mecânica e com entrega de leite.	34
Figura 6. Distribuição espacial da tipologia com ordenha mecânica ao pé	34
Figura 7. Distribuição espacial da tipologia com ordenha mecânica ao pé.	35
Figura 8. Distribuição espacial da tipologia com ordenha mecânica em sala de ordenha.	35
Capítulo 2	
Figura 1. Divisão geográfica dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP, delineando seus respectivos circuitos produtores.	51
Figura 2. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, sem ordenha mecânica e sem entrega de leite .	56
Figura 3. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, sem ordenha mecânica e sem entrega de leite	56
Figura 4. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, com mecanização ao pé e entrega de leite.	57
Figura 5. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB com sala de ordenha e entrega de leite.	57

Figura 6. Prevalência de rebanho da amostra das quatro tipologias produtivas e estudo dos seis maiores estados produtores de leite, agrupados por circuito produtores. 58

Figura 7. Curva ROC (*Receiver operating characteristics*) do modelo de regressão logística. 62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

bTB – Tuberculose Bovina

Cramer's V – Correlação V de Cramer

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

gl – Graus de Liberdade

GO – Goiás

GPS - Sistema Global de Posicionamento

GTA – Guia de Trânsito Animal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Intervalo de Confiança

IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MG – Minas Gerais

OIE – Organização Mundial de Saúde Animal

OR – *Odds Ratio*

PNCEBT – Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose

PR – Paraná

RS – Rio Grande do Sul

ROC - *Receiver operating characteristics*

SC – Santa Catarina

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SP – São Paulo

TB - Tuberculose

TCC – Teste Cervical Comparativo

VPB – Valor Bruto da Produção

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Capítulo 1- TIPOLOGIAS PRODUTIVAS DA BOVINOCULTURA DE LEITE DO BRASIL	18
Resumo	18
Introdução.....	19
Materiais e Métodos	21
Resultados.....	26
Discussão e Conclusão	36
Referências	41
Capítulo 2 - MAPEAMENTO DE RISCO DE TUBERCULOSE BOVINA E ASSOCIAÇÃO COM TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO NOS SEIS MAIORES ESTADOS PRODUTORES DE LEITE DO BRASIL	47
Resumo	47
Introdução.....	48
Materiais e Métodos	50
Resultados.....	55
Discussão e Conclusão	63
Referências	68
REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.
ANEXOS	73

INTRODUÇÃO

A bovinocultura é uma das principais atividades produtivas do agronegócio brasileiro, estando o rebanho nacional estimado em aproximadamente 234,4 milhões de cabeças e a produção leiteira em 34,6 bilhões de litros em 2022 (IBGE, 2022). No mesmo ano, o leite representava 15,7% do valor bruto da produção gerado pela pecuária (VBP – evolução do faturamento do setor, decorrente de alterações nas estimativas de produção e nos preços recebidos pelos produtores), inferior ao da carne bovina (40,3%) e frango (30%), contudo superior ao valor da produção de suínos (8,5%) e ovos (5,4%) (BRASIL, 2022).

A produção leiteira se concentra em seis estados, que respondem por cerca de 74% do total do Brasil. De acordo com o IBGE (2022), os seis maiores estados produtores de leite são: (1) Minas Gerais (MG), com 9,3 bilhões de litros (27%); (2) Paraná (PR), com 4,4 bilhões (13%); (3) Rio Grande do Sul (RS), com 4,1 bilhões (12%); (4) Santa Catarina (SC), com 3,2 bilhões (9%); (5) Goiás (GO), com 3 bilhões (8.6%); e São Paulo (SP), com produção de 1,5 bilhões (4.5%).

Estima-se que um terço do leite produzido seja empregado como ingrediente básico para os mais diversos produtos, não só na alimentação humana, como doces e salgados, mas também na indústria de higiene pessoal, cosméticos e medicamentos. Mais de 90 produtos têm o leite ou a proteína do leite na sua composição. Os outros dois terços da produção, cerca de 24 bilhões de litros, são consumidos na forma de leite fluido ou de derivados lácteos, como queijos e iogurtes (ZOCCAL, 2017).

É possível encontrar diversas formas de sistemas de produção da bovinocultura e grandes diferenças nos níveis de produtividade, no País. Tais formas ocorrem de acordo com a organização do capital produtivo (POLAQUINI; SOUZA; GEBARA, 2006), além de objetivos ou finalidades da criação bastante diversificada, tanto entre as regiões geográficas quanto dentro de um mesmo estado (PEREIRA, 2001).

Em virtude da importância do leite para a economia, para a segurança alimentar, e considerando os riscos para a saúde pública, torna-se necessário caracterizar as formas de produção leiteira no país para entender a sua associação com problemas de saúde única. Desta forma será possível fornecer subsídios para o planejamento das políticas de desenvolvimento pecuário, de defesa sanitária animal e de proteção do consumidor.

O presente estudo usará bancos de dados já disponíveis, oriundos dos estudos de prevalência dos seis maiores estados produtores de leite, para caracterizar os seus rebanhos leiteiros e relacionar as práticas produtivas ao risco de tuberculose bovina. Desta forma, o

conhecimento epidemiológico gerado complementarará as informações estaduais já publicadas, abordando o tema na perspectiva do ecossistema de produção leiteira, o setor de maior importância, numa perspectiva de saúde única. Ao agregar bancos de dados de vários estados, o poder estatístico da análise de fatores de risco será maior e os resultados poderão ter relevância nacional e internacional.

A Bovinocultura leiteira brasileira e a Tuberculose bovina (bTB):

A pecuária brasileira caracteriza-se por grande diversidade de formas produtivas e heterogeneidade geográfica e, por esse motivo, as instituições de pesquisa do setor sofrem consequências pela falta de informações, as quais poderiam facilitar o planejamento de suas atividades, além da identificação de problemas de pesquisa e de estratégias mais adequadas de transferência de tecnologia para cada segmento produtivo e região (FERNANDES et. al., 2004).

Nas últimas duas décadas, a produção de leite aumentou quase 80% mantendo praticamente o mesmo número de vacas ordenhadas, o que foi possível pelo aumento da produtividade do rebanho. Houve muitas outras mudanças na estrutura produtiva, incluindo uma redução drástica no número de produtores e um aumento na concentração dos sistemas de produção (ROCHA et al., 2020). Ainda assim, sua relevância socioeconômica atinge, especialmente, as pequenas propriedades pouco ou nada especializadas, e com pequeno volume de produção diária, mas responsáveis por 60% da produção de leite no país (IBGE, 2017).

Em se tratando de propriedades produtoras de leite, essa análise daria embasamento a políticas públicas de controle e erradicação de doenças associadas à produção leiteira, especificamente a tuberculose bovina.

A tuberculose bovina é uma zoonose de evolução crônica, causada pelo *Mycobacterium bovis*, que além de bovinos, acomete pequenos ruminantes, seres humanos, e outros animais domésticos e selvagens. A bactéria induz um processo inflamatório crônico granulomatoso necrosante caseoso em diversos órgãos, a depender da forma de entrada. A principal via de acesso do microrganismo é a inalatória (causando lesões primárias nos pulmões e linfonodos), mas esse também pode ser ingerido (causando lesões primárias nos linfonodos mesentéricos) (DOMINGO et al., 2014).

A tuberculose afeta a saúde dos animais de produção, a rentabilidade e o comércio, podendo prejudicar anos de refinamento genético e influenciar negativamente a produtividade do rebanho afetado (SKUCE et al., 2012). É uma zoonose muito importante, envolvendo riscos para a saúde pública e perdas econômicas à agropecuária, como as perdas diretas resultantes da

morte de animais, da queda no ganho de peso e diminuição da produção de leite, do descarte precoce e eliminação de animais de alto valor zootécnico e condenação de carcaças no abate (BRASIL, 2006).

As informações epidemiológicas geradas pelos estudos mais recentes sobre a tuberculose nos estados brasileiros justificam a adoção de ações de vigilância baseadas em risco, com foco principal em fazendas leiteiras mais tecnificadas, e reforçam a necessidade de adoção de estratégias para a certificação de rebanhos de leite livres (ROCHA et al., 2016).

No entanto, as características e práticas produtivas mais detalhadas que podem influenciar a ocorrência da doença, neste setor da produção pecuária, ainda não são muito bem descritas. Os bancos de dados gerados por tais estudos foram muito explorados de forma estadual, alcançando resultados pouco aplicáveis ao todo quando falamos da realidade produtiva muito diversificada que temos no Brasil. Estes estudos, se agrupados, podem permitir investigar a situação epidemiológica da tuberculose bovina nas principais bacias leiteiras do Brasil de abrangência nacional.

O Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT):

Ainda considerada um problema para a saúde pública mundial, a tuberculose bovina distribui-se de maneira desproporcional entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Enquanto naqueles foi praticamente erradicada após a implementação de ações como a realização de testes, abates e pasteurização do leite (embora alguns ainda gastam muitos recursos para manter esse objetivo) (COSIVI et al., 1998), nestes, por conta da ineficiência relativa de medidas de prevenção e controle, ela acaba se tornando maior fonte de preocupação (ETTER et al., 2006). Como uma doença de caráter crônico e que não apresenta sinais clínicos críticos, seu controle acaba não motivando médicos veterinários, criadores, autoridades sanitárias e consumidores de produtos de origem animal (BRASIL, 2006), além disso restrições políticas e econômicas também acabam limitando a eficiência das medidas implementadas (RODRIGUES et al., 2022).

No Brasil, com o objetivo de diminuir o impacto negativo desta zoonose na saúde humana e animal, além de promover a competitividade da pecuária nacional, em 2001, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal (PNCEBT). O PNCEBT padronizou o diagnóstico da tuberculose bovina, capacitou médicos veterinários para sua execução, definiu uma estratégia de certificação de propriedades de bovinos livres ou monitoradas (BRASIL, 2006) e promoveu a realização de estudos epidemiológicos em todo o

território nacional.

Originalmente, o PNCEBT tinha dois objetivos principais: reduzir a incidência e prevalência de brucelose e tuberculose bovinas, e obter uma quantidade significativa de propriedades livres ou monitoradas (BRASIL, 2006). Em 2017, o Programa foi revisto pela Instrução Normativa DSA nº 10, de 03/03/2017, que introduziu a classificação das unidades federativas quanto ao grau de risco para essas doenças e tendo em conta a definição e aplicação de procedimentos de defesa sanitária animal.

O controle e a erradicação da bTB baseiam-se principalmente em uma política de teste e abate dos animais e, também, na vigilância dos abatedouros, através do emprego de medidas compulsórias e voluntárias. Dentre as medidas compulsórias para tuberculose bovina, tem-se o controle de trânsito dos animais, com emissão da Guia de trânsito animal (GTA).

As medidas voluntárias são determinadas pela obtenção de certificação de propriedade livre para tuberculose, onde deve-se realizar testes em todos os animais com 6 semanas e abate dos positivos (BRASIL, 2006). A certificação tem validade de 12 meses sendo que o resultado positivo causa a perda da condição de livre.

Para acompanhar a evolução da eficácia das medidas adotadas, têm sido realizados estudos transversais de caracterização epidemiológica da tuberculose bovina, através de uma solução interdisciplinar entre os médicos veterinários, as universidades e centros de pesquisa. A coleta de dados em campo mais recente, dos seis estados maiores produtores de leite do Brasil, foi realizada em Goiás entre agosto de 2013 e dezembro de 2014; no Rio Grande do Sul, entre janeiro e setembro de 2013; em Santa Catarina de junho a dezembro de 2012; em São Paulo entre maio e novembro de 2011; em Minas Gerais, no ano de 2013 e, no Paraná, em 2018 (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; VELOSO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022).

De acordo com Rodrigues et al. (2022), que conduziram estudo para acompanhar a evolução do programa no Paraná, desde sua implementação, não ocorreram mudanças significativas na prevalência de rebanho da doença entre 2007, 2.15%, e 2019, 2.5%. Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) em 1999, detectou 5% de prevalência de rebanho e em 2013, Barbieri et al. (2013) detectaram 5.04%. Além do seu caráter crônico, a tuberculose bovina é endêmica no Brasil (BRASIL, 2006), o que contribui para a estabilidade observada após 15 anos de análise.

Capítulo 1

TIPOLOGIAS PRODUTIVAS DA BOVINOCULTURA DE LEITE DO BRASIL

Resumo

O leite, alimento rico em diversos nutrientes, possui grande importância socioeconômica mundial. No Brasil, a produção se concentra em seis estados, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que respondem por cerca de 74% do total. A pecuária leiteira brasileira é composta por grande diversidade de tipos de estabelecimentos de produção, os quais se distribuem de forma bastante heterogênea no território nacional. O presente estudo utilizou banco de dados consolidado de inquéritos de prevalência de tuberculose bovina prévios, dos seis estados maiores produtores, onde foram amostradas apenas rebanhos de bovinocultura de leite e mistas, para a tipificação da bovinocultura leiteira em um método combinado por duas etapas. Inicialmente foi empregado o algoritmo K-modes, de aprendizado de máquina, que permitiu identificar as variáveis que classificavam o tipo de ordenha (manual/mecânica) realizado na propriedade e se a propriedade vendia leite no mercado formal, como fatores determinantes das tipologias produtivas; com base nesta classificação as propriedades foram agrupadas no banco de dados, em quatro tipologias denominadas: propriedades sem mecanização de ordenha e sem entrega de leite (39.4%); propriedades sem mecanização de ordenha e com entrega de leite (29.4%); propriedades com ordenha mecânica ao pé e entrega de leite (21.3%) e propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e entrega de leite (9.9%). A distribuição espacial das tipologias revelou que o primeiro grupo se encontra amplamente distribuído no espaço geográfico amostrado, com maior concentração em SP, mas também com presença importante nos estados do Sul. A localização das propriedades mais tecnificadas coincidiu com as regiões de maior produção de leite. Os sistemas de produção revelados podem permitir identificar as principais deficiências no setor produtivo e a implementação de projetos no âmbito do desenvolvimento regional, o que também poderá melhorar a eficácia das ações de saúde animal, já que estarão ajustadas às realidades sociais e econômicas locais.

Palavras-chave: bovinocultura de leite; Brasil; tipologia produtiva; análise de agrupamento.

Introdução

O leite, alimento rico em diversos nutrientes, possui grande importância socioeconômica mundial. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, o Brasil é o terceiro maior produtor de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia (FAO, 2019).

O leite é o sétimo item que mais contribuiu com a formação do Valor Bruto da Produção Agropecuária, com 4,89% do total faturado pelo setor no país em 2022. Neste ano, o Valor Bruto da Produção Agropecuária na cadeia do leite chegou a R\$57,691 bilhões, aumento de 7% em relação a 2021, quando atingiu R\$53,676 bilhões (BRASIL, 2022).

Com forte efeito na geração de emprego e renda, o leite representa uma das principais atividades econômicas do Brasil. Ele é produzido em cerca de 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades e empregando aproximadamente 4 milhões de pessoas, nos diversos segmentos da cadeia. (ROCHA et al., 2020).

Ainda que uma parte importante da produção no território nacional seja proveniente de um grande número de pequenas propriedades com pouca ou nenhuma especialização, e com baixo volume de produção diária, grande parte da produção é gerada por um número menor de produtores mais especializados e com produtividade mais alta (MILINSKI et al., 2008).

Apesar do expressivo crescimento da produção leiteira nacional nas últimas décadas, o número de vacas ordenhadas em 2018 foi inferior ao rebanho utilizado 22 anos antes, com pouco mais de 17 milhões de animais. Tal cenário pode ser explicado pela adoção de novas tecnologias, levando a um aumento significativo da produtividade dos animais, da terra e da mão de obra e, com isso, a intensificação dos sistemas de produção (ROCHA et al., 2020).

O Brasil possui o segundo maior rebanho de vacas leiteiras do mundo, superado apenas pela Índia (FAO, 2019). Ainda assim, quanto à produtividade animal, a situação do país é bem diferente da descrita para a produção de leite e rebanhos de vacas ordenhadas. Ele ocupa a posição 84 do mundo, bem distante dos dois primeiros colocados, Estados Unidos e Israel, que ultrapassam 10 mil litros/vaca/ano (FAO, 2019), total cinco vezes maior ao encontrado no Brasil, onde a média nacional de produção por animal, verificada em 2020, foi de 2.192 litros/vaca/ano. Entre os estados com as maiores produtividades, destacam-se Santa Catarina, ordenhando 3.716 litros/vaca/ano, Rio Grande do Sul, com 3.695 litros/vaca e o Paraná, com 3.490 litros/vaca/ano. O clima temperado da região permite a criação de rebanhos altamente especializados, explicando sua maior produtividade (CNA, 2021).

De acordo com o último censo agropecuário, houve uma diminuição do total de estabelecimentos que efetivamente venderam ou se beneficiaram do leite. Enquanto em 2006, dos 1,350 milhão de produtores, 931 mil venderam leite (68,9%) (ZOCCAL et al., 2017), em 2017, 727 mil produtores dos 1,176 milhão (62%) venderam ou se beneficiaram do leite (IBGE, 2017).

Ao longo das duas últimas décadas, observou-se uma redistribuição espacial da produção de leite. Apesar de continuar concentrada nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, que juntas produzem 68% do leite brasileiro, a produção se fortaleceu no Sul, enquanto o Sudeste foi perdendo espaço. Em 1997, o Sudeste era o principal produtor, com quase o dobro da produção do Sul. Entretanto, a partir de 2014, a produção dos estados do Sul superou a do Sudeste, tornando-se a principal na produção nacional. (ROCHA et al., 2020). Atualmente, Minas Gerais (MG) ainda se encontra como maior produtor, seguido pelo Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) (IBGE, 2022).

No Centro-Oeste, Goiás (GO), que era responsável pela segunda maior produção do Brasil no início dos anos 2000, fechou em 2022 na quinta posição, muito próximo da quarta colocada, Santa Catarina (SC). Os estados citados, isto é, MG, PR, RS, SC e GO, juntamente com São Paulo (SP), constituem os seis maiores estados produtores de leite do Brasil, os quais respondem por, aproximadamente, 7% da produção total de leite do país (IBGE, 2022).

Levando-se em consideração o tamanho e diversidade do país, é possível concluir que a pecuária leiteira brasileira é amplamente heterogênea (FERNANDES et. al., 2004). A elaboração de um planejamento da bovinocultura de leite, capaz de compreender cada realidade, poderia ser responsável por determinar e traçar estratégias na gestão rural com o objetivo de reduzir custos, aumentando a produtividade e a sustentabilidade.

Além disso, a prevenção, vigilância e controle de doenças que afetam os animais de produção não pode fazer-se sem conhecimento da realidade dos sistemas de produção agropecuária, já que os padrões de ocorrência de enfermidades dependem da maneira como os sistemas de produção se organizam, gerando assim riscos relativos diferenciados entre regiões (ZOTTELE, 1993). Portanto, o conhecimento e a caracterização das diferentes formas de organização pecuária e do espaço geográfico e social nos quais os rebanhos estão inseridos melhoram a eficácia das ações dos serviços de saúde e fomento animal, adequadas às realidades sociais e econômicas locais.

Considerando que os estudos prévios realizados nos estados brasileiros identificaram zoonoses associadas, principalmente, às propriedades de bovinos de leite tecnificadas mais intensivas (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al.,

2016; SILVA et al., 2016; VELOSO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022), fica ainda mais evidente a necessidade da caracterização desses rebanhos, que se encontram presentes, principalmente, nos seis maiores estados produtores de leite do Brasil.

Materiais e Métodos

Amostragem:

A caracterização das propriedades produtoras de leite foi realizada utilizando um banco de dados consolidado de estudos de prevalência de tuberculose bovina prévios de uma cooperação técnica entre o MAPA, os órgãos estaduais de defesa sanitária animal, a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

O universo amostrado foi apenas o de propriedades de bovinos de leite e mistas, dos seis maiores estados produtores de leite do Brasil, isto é, Goiás (574 rebanhos), Minas Gerais (1713 rebanhos), São Paulo (970 rebanhos), Paraná (965 rebanhos), Santa Catarina (1062 rebanhos) e Rio Grande do Sul (518 rebanhos) (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022; VELOSO et al., 2016).

Seguindo tendências de similaridade produtiva, os estados foram divididos em circuitos produtores, ou estratos, os quais buscam homogeneizar as regiões de forma a tornar as propriedades amostradas o mais representativas possível de determinada realidade agroprodutiva. Os limites dos circuitos produtores de cada um dos 6 maiores estados produtores de leite podem ser observados na Figura 1.

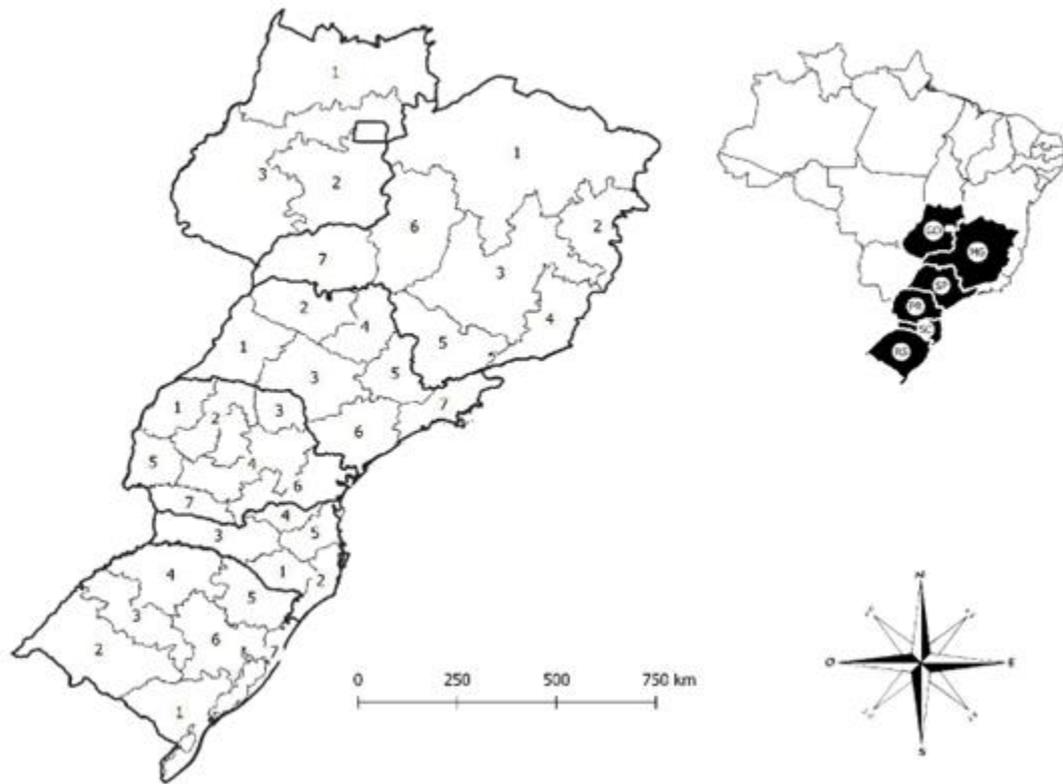


Figura 1. Divisão geográfica dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP, delineando seus respectivos circuitos produtivos.

Em cada circuito selecionaram-se 300 propriedades, assim garantindo poder analítico, com um número de observações suficiente e boa precisão da estimativa. Nos estratos do Rio Grande do Sul, onde a capacidade operacional não permitiu amostrar esse total, estabeleceu-se que a amostra incluiria pelo menos 150 propriedades.

Do banco inicial, com 9302 propriedades, removeram-se as propriedades com tipologia de exploração corte, aquelas sem classificação de exploração, que responderam não ordenhar (0 ordenhas por dia), as que possuíssem ao menos 1 bubalino, além de propriedades sem resposta para tipo de ordenha e para quem entregavam leite. Assim, foi obtido um total final de 5802 propriedades, conforme detalhado no Quadro 1.

UF	Data de coleta dos dados	Total Inicial	Total Final	Leite Final n	%	Mista Final n	%
GO	2013 a 2014	900	574	241	42	333	58
MG	2013	2182	1713	1267	74	446	26
RS	2013	1067	518	314	60,6	204	39,4
SC	2012	1653	965	467	48,4	498	51,6
PR	2018	1757	1062	698	65,7	364	34,3
SP	2011	1743	970	596	61,44	374	38,56
Total		9302	5802	3583		2219	

Quadro 1- Demonstração do total de fazendas amostradas separadas em dois tipos de sistema de produção das maiores unidades federativas produtoras de leite (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022; VELOSO et al., 2016)

Os dados foram obtidos através de questionário e organizados em um banco de dados padronizado, estabelecendo uma propriedade para cada linha e uma variável de caracterização para cada coluna.

As variáveis analisadas foram: tipos de exploração (TipoExploração) “leite”, propriedades que têm como atividade principal a produção leiteira e “mista”, explorações que possuem animais para produção de leite e carne; tipos de criação (TipoCriação) “confinado”, onde os animais são mantidos em espaço limitado e reduzido, sendo a alimentação (volumoso, concentrado, sal mineral) e água fornecidas de forma sistemática e controlada, “semi-confinado” encontram-se os tipos de criação semi-intensiva onde os animais permanecem na pastagem e recebem suplementação alimentar e “extensivo” criação nos quais os animais são mantidos exclusivamente em regime de pasto; tipos de ordenha (TipoOrdenha), “manual” se a ordenha for feita por serviço que utilize somente as mãos e recipiente para o leite ordenhado, “mecânica ao pé” ordenha feita utilizando-se ordenhadeira mecânica, pelo sistema de balde ou latão ao pé, onde não há circuito fechado e “mecânica em sala de ordenha”, onde a ordenha é realizada em circuito fechado; número de ordenhas por dia (NOrdenha); tamanho do rebanho (TamReb), representado por total de fêmeas a partir de 24 meses; entrega de leite (EntregaLeite), se realiza entrega de leite ao mercado formal; resfriamento do leite (ResfLeite), se resfria leite, e presença de assistência veterinária (AssistVet), onde considerou-se como

positivo aqueles com regularidade de visitas.

Dentre as variáveis utilizadas na análise, apenas tamanho de rebanho é do tipo quantitativa, todas as demais são qualitativas nominais.

Classificação das propriedades em grupos homogêneos

Para o agrupamento das propriedades em categorias distintas e homogêneas, adotou-se um modelo combinado por duas etapas. A primeira consistiu no emprego de algoritmo de agrupamento não supervisionado de aprendizado de máquina ou machine learning, onde o algoritmo trabalha apenas com os preditores sem desfecho, como alvo de referência para a classificação. Na segunda etapa, foram utilizados os resultados encontrados durante a análise descritiva dos clusters, como determinantes das características classificatórias das tipologias produtivas e, em seguida, feita a divisão das propriedades diretamente no banco de dados.

Considerando que o agrupamento é um método estatístico que permite agrupar observações ou variáveis em classes com uma ou mais características comuns, além de não demandar conhecimento prévio da composição dessas, a metodologia foi selecionada para a identificação das tipologias produtivas (CUI, 2022).

O particionamento eficiente de grandes conjuntos de dados multidimensionais em clusters homogêneos é um problema fundamental para o machine learning. Os métodos mais comuns de agrupamento hierárquico não oferecem solução para este problema, devido à sua ineficiência computacional (HUANG, 1998). Outra ressalva do clustering hierárquico é sua incapacidade de fazer correções uma vez tomada a decisão de divisão e/ou fusão; sua falta de interpretabilidade em relação aos descritores dos clusters e indefinição do critério de parada do algoritmo. Já os métodos de particionamento, como K-médias, são escaláveis e simples, além de eficientes no processamento de grandes conjuntos multidimensionais de dados (SISODIA et al., 2012).

De acordo com Huang (1998), diferentemente do K-médias, indicado para variáveis contínuas, que se baseia na distância calculada entre as observações e médias de cada grupo, seus centróides, o K-modes busca pela moda. Desta forma, foi empregado o algoritmo K-modes para a tipificação da produção, que é um dos algoritmos de aprendizado de máquina não supervisionados, recomendado para variáveis categóricas.

O algoritmo K-modes usa uma medida de dissimilaridade de correspondência simples para lidar com objetos categóricos, substituindo as médias de clusters por moda e usa um método baseado em frequência para atualizar as modas no processo de agrupamento, desta forma minimizando a função de custo de clustering. Com essas extensões, o algoritmo K-modes permite o agrupamento de dados categóricos de maneira semelhante ao K-médias (HUANG, 1998).

Resumindo, ele usa as diferenças (total de incompatibilidades) entre os pontos de dados, onde quanto menores as diferenças, mais semelhantes são os pontos.

Ao trabalhar com dados mistos, o problema principal é lidar com variáveis nominais e contínuas em um mesmo exercício. Quando existem muito mais variáveis categóricas do que contínuas, neste cenário, uma possibilidade é transformar aquelas contínuas em categorias e, assim, ofertar a um modelo de agrupamento (BOUVEYRON et al., 2019). Sendo assim, a variável de tamanho de rebanho, representada pelo total de fêmeas adultas, foi categorizada de acordo com percentis: muito pequenas, até 5 fêmeas adultas (percentil 25%); propriedades pequenas, de 6 a 20 fêmeas adultas (percentil 50%); médias, de 21 a 60 fêmeas adultas (percentil 75%) e grandes, a partir de 61 fêmeas adultas (percentil 90%).

Para determinar o valor ótimo de números de clusters, ou k , realizou-se o método do cotovelo. O método do cotovelo plota o valor da função de custo produzida por diferentes valores de k . Quando k aumenta, a distorção média diminui, assim cada cluster terá menos instâncias constituintes e as instâncias estarão mais próximas de seus respectivos centróides. No entanto, as melhorias na distorção média diminuirão à medida que k aumenta. O valor de k no qual a melhora na distorção diminui mais é chamado de ponto de inflexão, ou cotovelo, onde é obtido o valor ideal de grupos (CUI, 2022). No K-modes, o custo é a soma de todas as dissimilaridades entre os clusters.

Assim como K-médias, o K-modes começa com uma configuração inicial aleatória e, em seguida, otimiza até convergir para um ótimo. O centróide aleatório é "parte do input" para o algoritmo. Com um mesmo centróide aleatório, deve-se obter o mesmo resultado. Se os resultados com diferentes centróides aleatórios variam muito, provavelmente nenhum deles é bom.

No contexto deste trabalho, as variáveis TipoExploração; TipoCriação; TipoOrdenha; NOrdenha, EntregaLeite; ResfLeite; TamReb; e AssistVet foram selecionadas para a análise do Kmodes, por caracterizarem produções de leite intensivas. Para assegurar dicotomia, as variáveis que não eram binárias - TipoCriação e TipoOrdenha - foram recategorizadas em criação extensiva versus criação semi-confinada ou confinada e propriedades com algum tipo de mecanização de ordenha versus ordenha manual.

O algoritmo foi, então, aplicado através do Google Colaboratory, com programação em Python, obtendo-se modais indexadores dos clusters e a classificação de cada propriedade em um dos grupos; posteriormente, a divisão das propriedades diretamente no banco de dados, seguindo as tendências encontradas.

Inconsistências nas respostas das propriedades, identificadas durante o categorização,

foram criteriosamente avaliadas e reclassificadas.

Distribuição espacial

Durante a visita às propriedades, por cada um dos inquéritos epidemiológicos estaduais descritos, também foram coletadas as coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos rebanhos amostrados. Para isso, utilizaram-se aparelhos de posicionamento global por satélite (GPS).

Baseando-se no mapa da malha municipal, disponível na plataforma do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), foi possível georreferenciar os limites geográficos dos circuitos produtores dos estados em estudo. Em seguida, as coordenadas das propriedades, já tipificadas de acordo com os clusters identificados, foram plotadas no mapa georreferenciado dos circuitos produtores, com o programa Qgis v. 3.22.0.

Assim, foram obtidos os mapas temáticos da distribuição espacial de cada agrupamento.

Resultados

De acordo com o método cotovelo empregado, determinou-se que o número ideal de grupos k seria três (Figura 2).

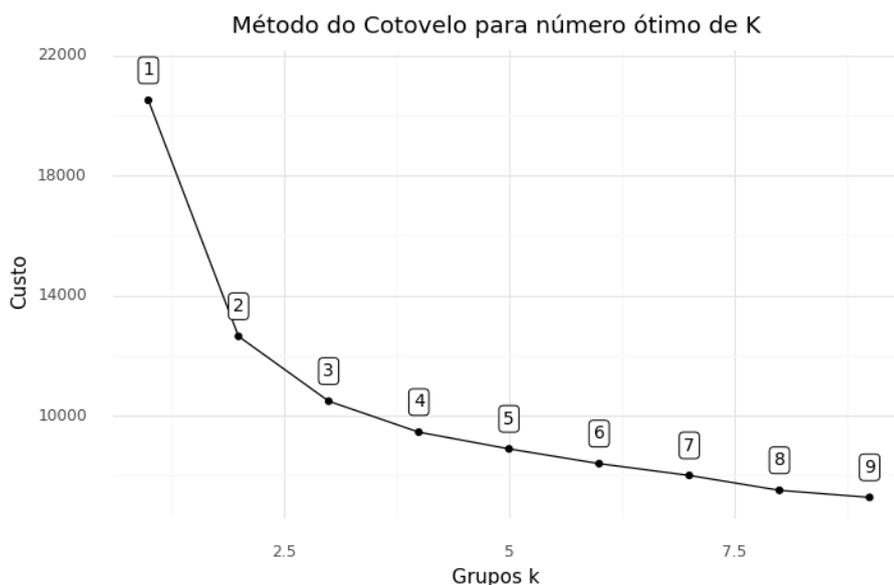


Figura 2. Gráfico do cotovelo com valor ótimo de k do banco de dados.

Os três grupos identificados pelo algoritmo K-modes indicaram as seguintes características: Grupo 1, propriedades muito pequenas, que não entregam leite e com ordenha manual, representando 38% do total de observações em análise; Grupo 2, em sua maioria, propriedades pequenas, que entregam leite, mas com ordenha manual, 35% do total; e Grupo 3, proporcionalmente maiores (mais de 20 fêmeas adultas) e com algum tipo de mecanização de ordenha (ao pé ou em sala de ordenha), 27% do total. O resultado com os modais dos grupos apontados pelo K-modes encontra-se na Tabela 1, enquanto a distribuição do TamReb pode ser observada na Figura 3.

Tabela 1. Análise de agrupamento do algoritmo K-modes das variáveis tipificadoras da bovinocultura de leite dos seis estados maiores produtores de leite do Brasil.

Variáveis	Modal dos Clusters por Kmodes		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Tipo de exploração	Misto	Leite	Leite
Tipo de criação	Extensivo	Extensivo	Semi ou intensivo
Tipo de ordenha	Manual	Manual	Mecanizada
Nº de ordenhas	1 ordenha/dia	1 ordenha/dia	2 ou 3 ordenhas/dia
Entrega leite	Não entrega	Entrega leite	Entrega leite
Resfriamento do leite	Não resfria	Resfria o leite	Resfria o leite
Assistência veterinária	Não assistido	Não assistido	Assistido
Tamanho do rebanho	Muito pequena	Pequena	Média

Tamanho do Rebanho dos Grupos

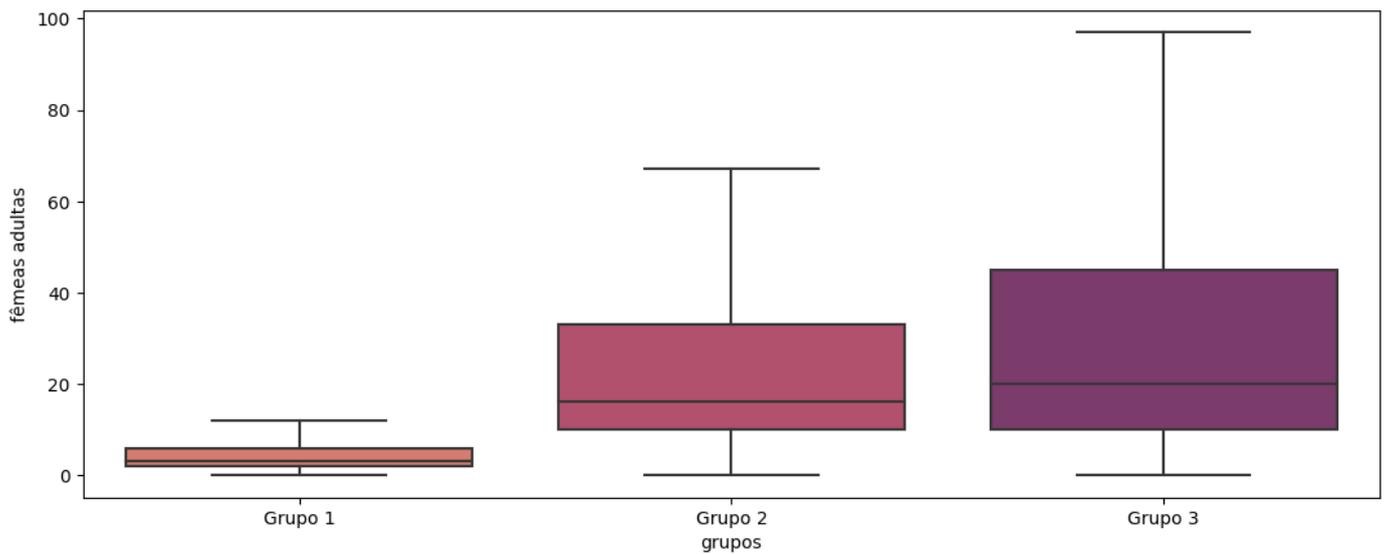


Figura 3. Box plot do total de fêmeas adultas das três tipologias produtivas sem outliers

Durante a análise descritiva, foi possível constatar que EntregaLeite e TipoOrdenha se destacavam em discriminar os grupos, pela discrepante proporção. No primeiro grupo, apenas 6,75% informaram entregar leite, já no segundo foram 84,3% e no terceiro 95,4%, praticamente todos os rebanhos. Dentre aqueles que responderam ter algum tipo de mecanização de ordenha, só 2,7% eram do primeiro grupo, enquanto no segundo foram 16%, resultado ainda relativamente baixo, contudo no terceiro houve um aumento considerável, com 84% de frequência, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Frequência das variáveis tipificadoras da bovinultura de leite nos clusters.

	Clusters KModes		
	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)
Exploração de leite	30,56	76,6	85,8
Criação semi e intensiva	23,7	19,6	74,4
Mecanização da ordenha	2,7	16	89
Entrega de leite ao mercado	6,75	84,3	95,4
2 ou 3 ordenhas no dia	22,7	25,5	90
Resfriamento do leite	1,85	59,2	90
Assistência veterinária regular	26	27	72,3
Tamanho do rebanho			
Até 5 fêmeas adultas	60,5	8,2	6,33
De 6 a 20 fêmeas adultas	28,2	55,4	36,5
De 21 a 60 fêmeas adultas	8,8	22	40,8
A partir de 61 fêmeas adultas	2,5	14,4	16,4
Total de observações	2222	2072	1598

Com isso, foram isoladas as propriedades que entregavam das que não entregavam leite ao mercado formal e, em seguida, as que possuíam algum tipo de mecanização das que não possuíam, com a formação de 3 grupos.

Todavia, a análise dos gráficos de distribuição de frequência dos clusters demonstrou um número significativo de propriedades que informaram ordenhar leite em sala de ordenha no terceiro grupo, representando 496 do total de 1598 (31,04%), conforme Figura 4.

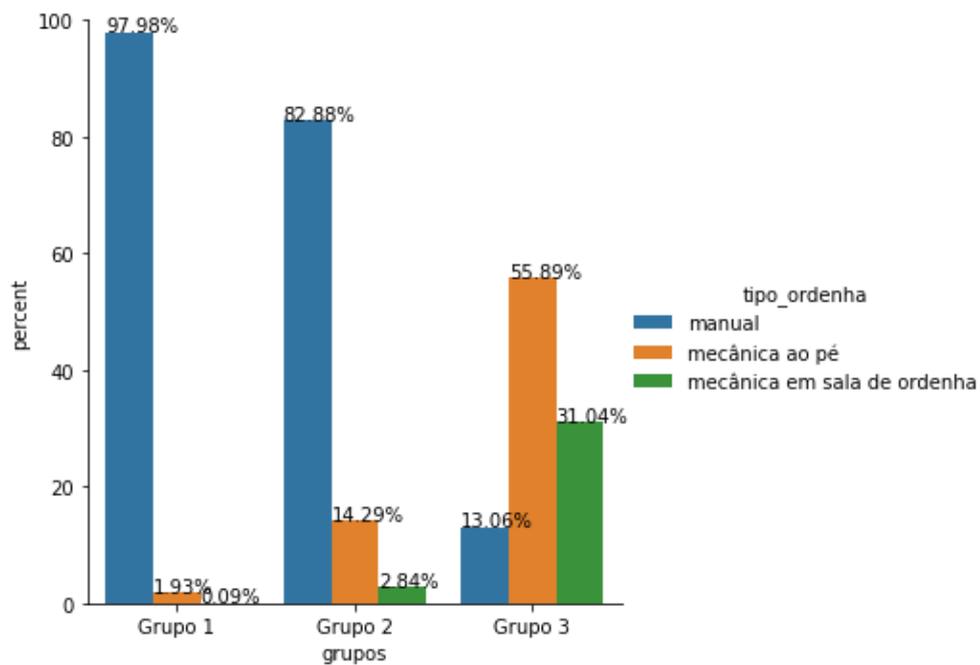


Figura 4. Frequência relativa da variável tipo de ordenha dividida pelos 3 grupos.

Somado-se a isso, foi constatado que as propriedades com sala de ordenha se diferenciavam das com mecanização ao pé pelo seu tamanho, sendo consideravelmente bem maiores, como descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Análise descritiva da variável total de fêmeas adultas, em percentis, dividida pelas quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite.

Percentis do tamanho do rebanho	Tipologias Produtivas			
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite	Sem ordenha mecânica e vende leite	Ordenha mecânica ao pé e vende leite	Ordenha mecânica em sala e vende leite
1%	1	1	2	4
5%	1	3	4	7
10%	1	5	6	10
25%	2	9	10	20
50%	4	17	17	40.5
75%	8	35	33.5	76
90%	19	70	63	145.5
95%	32	96	92	188
99%	92	261	164	534

Levando-se em consideração que a ordenha mecânica e a ordenha em sala de ordenha são tipos de ordenha bem distintos, além desta ter o dobro de tamanho de rebanho daquela, os clusters inicialmente detectados foram, então, reclassificados em quatro tipologias produtivas denominadas: propriedades sem ordenha mecânica e que não entregam leite ao mercado formal (2285 rebanhos); propriedades sem ordenha mecânica e com entrega de leite (1709 rebanhos); propriedades com ordenha ao pé e entrega de leite (1237 rebanhos) e propriedades com ordenha em sala de ordenha e entrega de leite (570 rebanhos)..

Na Tabela 4 estão descritas as frequências estimadas de cada uma das variáveis avaliadas para caracterização final das tipologias. As propriedades sem ordenha mecânica e sem entrega de leite ao mercado formal compuseram um grupo destoante dos demais, das quais 15% informaram resfriar o leite e nenhuma entregava leite a granel. Contudo, aproximadamente 70% delas informaram produzir queijo e manteiga, atividade realizada com frequência menor nas demais, variando entre 28.5% e 37.4%. Ainda, observou-se que dentre as propriedades que informaram produzir queijo e manteiga, separadas por cada tipologia, os estados de Santa

Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul, apresentaram as maiores proporções de propriedades sem ordenha mecânica e sem entrega de leite ao mercado formal, conforme Tabela 5.

Aquelas sem ordenha mecânica mas com entrega de leite são em sua grande maioria de exploração mista, 66%. Possuem animais predominantemente mestiço (75%), NOrdenha de 1 vez ao dia (75%) e TipoCriação extensiva (72%), atributos muito semelhantes aos da tipologia anterior.

Tabela 4. Frequência das características das quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite, dos seis maiores estados produtores de leite do Brasil.

	Tipologias Produtivas			
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite (%)	Sem ordenha mecânica e vende leite (%)	Ordenha mecânica ao pé e vende leite (%)	Ordenha mecânica em sala e vende leite (%)
Exploração de leite	41,5	34	81	88
Criação semi e intensiva	24	28	54,5	70
2 ou 3 ordenhas no dia	23	25	80	90
Resfriamento do leite	15	59	89,2	95
Entrega de leite a granel	0	56,2	80,5	87,4
Raça bovina:				
Europeu de leite	17,5	11,5	49	61,5
Mestiço	69	75	40	26
Produção queijo e manteiga	67	35	37,4	28,5
Realiza Inseminação artificial	17,5	11,6	43	62
Total de observações	2285	1709	1237	570

Tabela 5. Proporção de propriedades que informaram produzir queijo e manteiga dentre os estados, por tipologia produtiva.

	Tipologias Produtivas			
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite	Sem ordenha mecânica e vende leite	Ordenha mecânica ao pé e vende leite	Ordenha mecânica em sala e vende leite
Goiás %	38	45	8.2	8.8
Minas Gerais %	52.5	27.1	13.3	7.1
São Paulo %	73.9	18.9	5.6	1.6
Paraná %	51	12.5	30.2	6.3
Santa Catarina %	67.2	4.4	22.6	5.8
Rio Grande do Sul %	59.1	8.5	23.1	9.3

As propriedades visitadas foram localizadas em um mapa georreferenciado dos estados de GO, MG, SP, PR, SC e RS, através das suas coordenadas geográficas. Atribuiu-se a estes pontos a tipologia produtiva caracterizada no estudo conforme descrito na Tabela 6., e que estão representadas na forma de mapas temáticos (figuras 5 a 8).

Tabela 6. Frequências das quatro tipologias de produção de bovinocultura de leite nos seis maiores estados produtores do Brasil.

	Tipologias Produtivas			
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite (%)	Sem ordenha mecânica e vende leite (%)	Ordenha mecânica ao pé e vende leite (%)	Ordenha mecânica em sala e vende leite (%)
Goiás	21,3	53,1	10,3	15,3
Minas Gerais	25,1	47,3	17	10,6
São Paulo	54,2	33,1	10,4	2,3
Paraná	35,1	15,6	36,1	13,2
Santa Catarina	58,8	5,8	27,9	7,5
Rio Grande do Sul	51,6	9,8	26	12,6

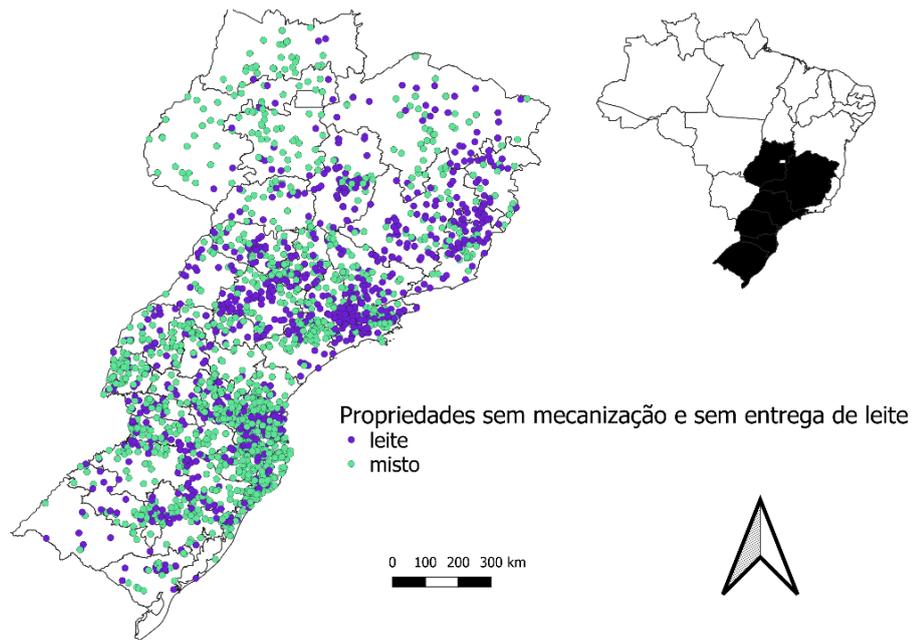


Figura 5. Distribuição espacial da tipologia sem ordenha mecânica e sem entrega de leite

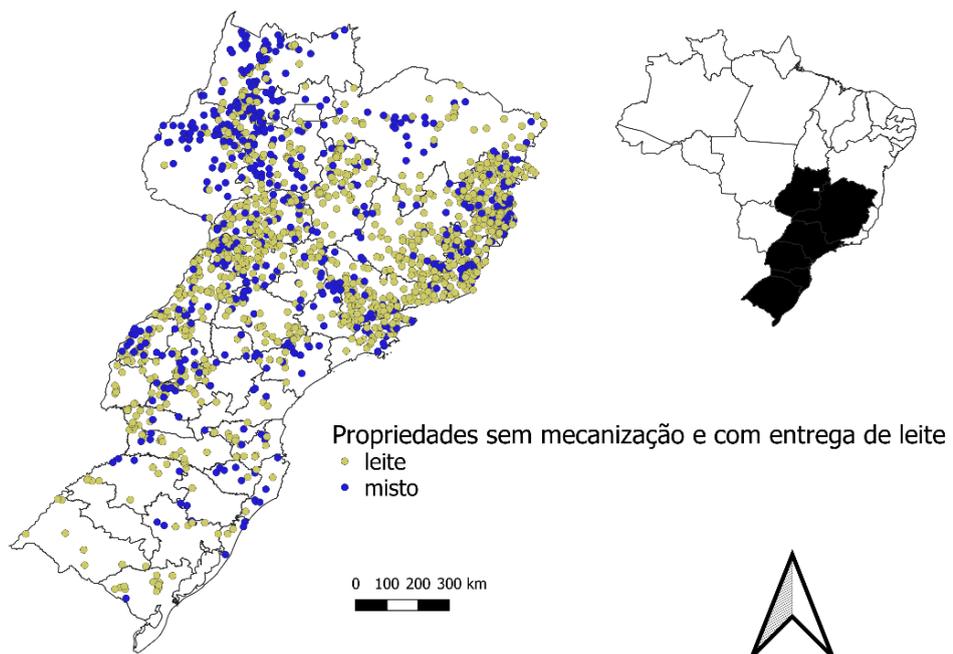


Figura 6. Distribuição espacial da tipologia sem ordenha mecânica e com entrega de leite

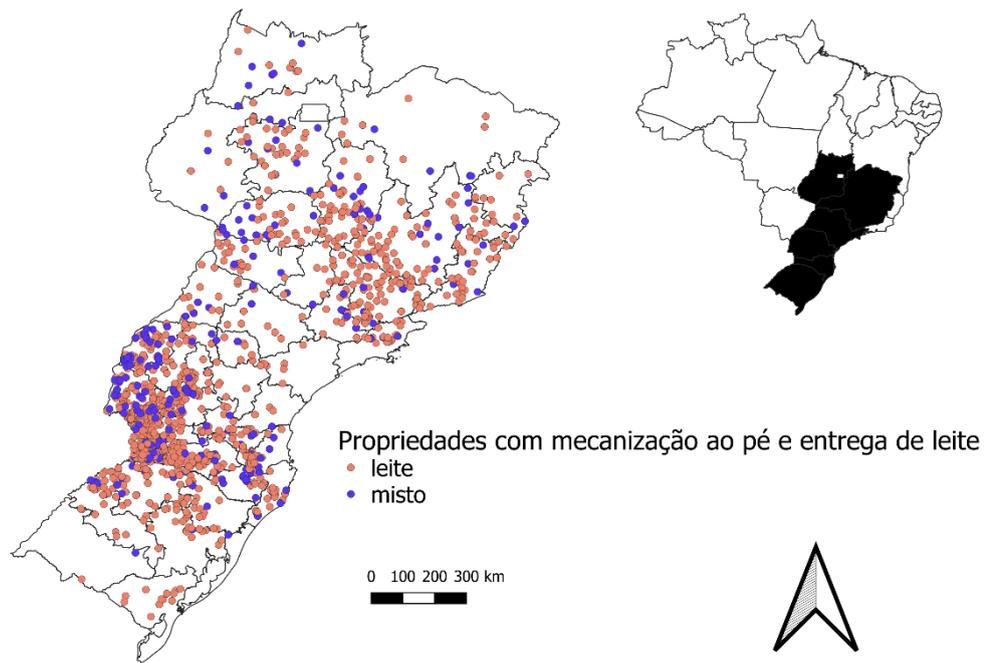


Figura 7. Distribuição espacial da tipologia com ordenha mecânica ao pé

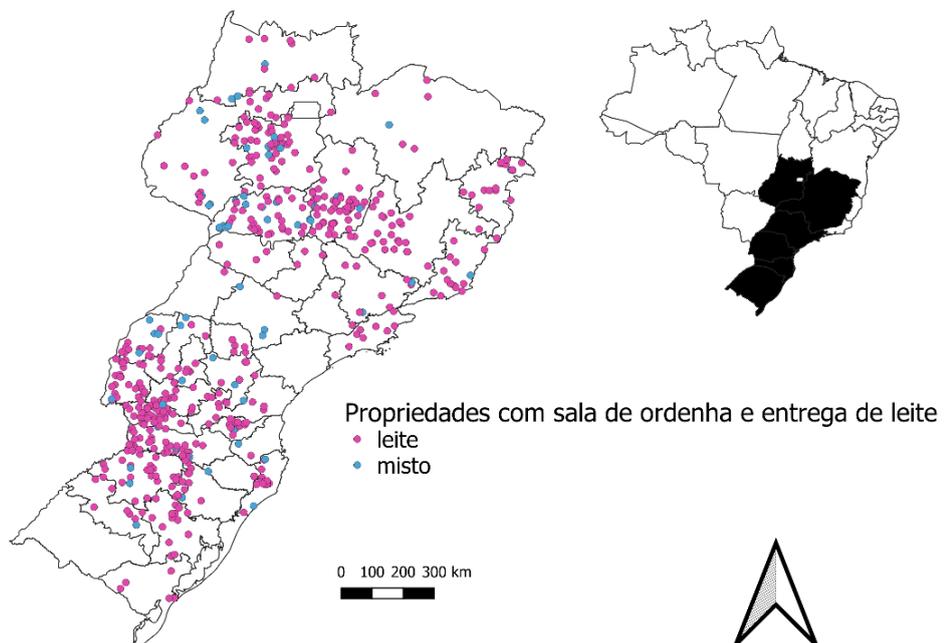


Figura 8. Distribuição espacial da tipologia com ordenha mecânica em sala de ordenha

Os rebanhos sem mecanização de ordenha e sem entrega de leite ao mercado formal, como esperado, encontram-se amplamente distribuídos, contudo a concentração em São Paulo chama atenção, principalmente no Norte, mas também em Santa Catarina e no Rio Grande do

Sul, especialmente no leste e norte do estado. Já em Minas Gerais e Goiás, percebe-se uma menor presença dessa tipologia, sendo no primeiro a maioria de exploração leiteira e, no segundo, praticamente todas mistas.

Ao observarmos as propriedades sem mecanização e com entrega de leite, a quantidade é consideravelmente alta no centro de GO (sem distinção entre seus estratos) e leste mineiro. Sua presença quase não é percebida no RS, SC e PR, ao passo que em SP demonstrou maior concentração no extremo noroeste e nordeste.

Os oestes catarinenses e paranaenses apresentaram uma forte aglomeração de rebanhos com tipologia ordenha mecânica ao pé e venda de leite, também relativamente presentes no sul de Minas, mas dispersas. Tal tipologia é quase insignificante nos estados de Goiás (presentes aí na região Centro-sul) e São Paulo (região Nordeste).

As regiões do Vale do Paranaíba, Triângulo Mineiro (circuitos 6 e 7 de Minas Gerais, respectivamente), Sul e Sudeste de Goiás (circuito 2 de Goiás), assim como Sudeste do Paraná (circuito 7 do Paraná) e Oeste de Santa Catarina (circuito 3 de Santa Catarina) apresentaram a maiores concentrações de rebanhos com tipologia mecânica em sala de ordenha e venda de leite.

Discussão e Conclusão

Reconhecidamente, existem dois sistemas dicotômicos de produção da bovinocultura leiteira. De um lado, propriedades voltadas à subsistência, sem nenhum tipo de mecanização de ordenha e número reduzido de animais e, de outro, há aquelas altamente tecnificadas, de criação intensiva e rebanhos muito grandes. Contudo, como um país continental, o Brasil é extremamente heterogêneo, assim como sua pecuária.

Muito além do que é possível observar empiricamente, o conhecimento depende também de uma metodologia sistematizada capaz de reconhecer padrões. A análise de cluster oferece um método eficiente de dividir entidades em grupos com base mediante similaridade em múltiplas características simultâneas (BORCARD, 2011), e vem sendo utilizada em uma variedade de pesquisas de bovinos de leite (WEIGEL e REKAYA, 2000; ALVAREZ et al., 2008; BROTZMAN et al., 2015).

A técnica de machine learning foi bem-sucedida aqui, ao confirmar as duas tipologias já comumente descritas, mas também sendo capaz de detectar uma terceira, intermediária, ao utilizar múltiplas variáveis como parâmetros de seleção.

Em 2005, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) publicou a circular técnica 85, Sistemas de Produção de Leite no Brasil, na qual foi proposta a tipificação dos sistemas de produção de leite em quatro grupos, conforme a produtividade animal, o grau de intensificação da propriedade e a alimentação volumosa empregada, pois notaram que seria inviável utilizar apenas uma variável como critério de classificação, muito menos somente variáveis discretas (ASSIS et al., 2005). Da mesma forma, o presente estudo trabalhou com variáveis categóricas de tipos de manejo produtivo distintos, que possibilitassem a tipificação dos rebanhos.

De acordo Andrade et al., 2021, apesar de haver propriedades leiteiras distribuídas por todo o país, a cadeia produtiva do leite tem apresentado uma tendência de consolidação na produção primária e também regional. A partir de estimativas de medidas de concentração e análise de mapas, identificaram-se aspectos relacionados a padrões de agrupamento, onde a produção de leite estaria concentrada nas mesorregiões: Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Sul/ Sudoeste de Minas, Noroeste Rio-Grandense, Oeste Catarinense, Sudoeste Paranaense, Sul e Centro Goianos.

Dentre os dez municípios maiores produtores de leite do país, predominam os dos estratos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (IBGE, 2021), ou seja, aqueles com alta produção e, por conseguinte, mais tecnificados, assim como a maior concentração da tipologia de propriedades com sala de ordenha. Também se destacam aí, Castro e Carambeí no Paraná, (IBGE, 2021), que se localizam no Centro Oriental do estado (circuito 4). Embora primeiro e segundo lugar na lista, respectivamente, não foram detectados na tipologia de maior tecnificação.

A distribuição de rebanhos nos mapas reflete a proporção de cada tipologia existente em cada estrato de amostragem, não a proporção em todo o espaço geográfico alvo do estudo. Assim sendo, algumas sub-regiões podem não aparecer com o destaque esperado, em razão de estarem integradas em estratos de elevada heterogeneidade produtiva. Por exemplo, Castro e Carambeí, no Paraná, são bacias leiteiras de alta tecnificação mas este tipo de propriedade ficou diluído no estrato amostral em que estava inserido.

De uma forma geral, a maior concentração das propriedades com mecanização em sala de ordenha nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas; Centro Sul Goiano; Oeste Catarinense e Noroeste Rio-grandense, conforme identificado no presente estudo, são de fato aquelas de maior densidade de produção de leite, acima de 80.000 Litros/km² (IBGE, 2021).

As pequenas propriedades que apresentam, em geral, baixo nível tecnológico e que não vendem formalmente o leite produzido, ou seja, propriedades familiares de subsistência, encontram-se bem disseminadas pelos seis estados, como esperado. Essa tipologia representou cerca de 40% dos dados, resultado que se aproxima do divulgado pelo último Censo agropecuário, onde 38% dos estabelecimentos reportaram não vender ou se beneficiar do leite, com produção destinada ao autoconsumo. Sua maior concentração foi observada em Santa Catarina (59%), São Paulo (54,2%) e Rio Grande do Sul (51,6%), seguido pelo Paraná (35%) e, por fim, Minas Gerais (25%) e Goiás (21,3%).

Conquanto não se deva classificar a produção de subsistência como agricultura familiar, já que esta pode produzir tanto para o autoconsumo quanto para a venda formal, conhecer sua organização auxilia na compreensão da tipologia. A produção leiteira no Brasil tem grande participação da agricultura familiar, categoria responsável por 64,2% da produção em 2017 (IBGE, 2017), constituindo-se como uma atividade estratégica para a diversificação dos sistemas produtivos e na composição da renda dessas famílias (THIES et al., 2023).

Nesse contexto, destaca-se a região Sul, que é caracterizada por uma pecuária familiar forte, principalmente no Rio Grande do Sul, contudo isso não significa serem miseráveis. Embora a pecuária familiar aparente ser homogênea, devido, sobretudo, às características produtivas envolvendo a criação de animais, ela mostra-se bastante diversa no contexto socioeconômico, produtivo e ambiental (BEZERRA et al., 2016) compondo assim uma tipologia bem heterogênea, a qual varia conforme a região.

Em São Paulo, entre os pequenos produtores, a atividade leiteira geralmente não é a principal fonte de renda da propriedade que conseqüentemente apresenta índice de produtividade baixo. O rebanho misto, da mesma forma que os pequenos produtores do rebanho leiteiro, não tem na atividade leiteira sua principal fonte de renda (FERRAZZA et al., 2015). No estado e no Oeste Paulista, o leite proveniente da agricultura familiar corresponde a 75,2% e 50,6%, respectivamente (IBGE, 2017).

Os três estados, que apresentaram a maior concentração de rebanhos sem mecanização de ordenha e fora do mercado formal do leite (SC, SP e RS), também apresentaram as maiores produções de queijo e manteiga, proporcionalmente para a tipologia. O Brasil tem cerca de 175 mil produtores de queijo, sendo mais de 140 mil agricultores familiares, que juntos produzem cerca de 220 toneladas (IBGE, 2017), do total de 1,172 milhão de toneladas produzidos anualmente no país (ABIQ, 2019). De acordo com levantamento feito pelo Sistema Safra Agroindústria da Emater-MG, do total de estabelecimentos agroindustriais de

leite e derivados em Minas Gerais, 92,6% pertencem à agricultura familiar (VARELLA, 2022).

Além disso, de acordo com THIES et al. (2023) que visavam identificar as mudanças nos sistemas produtivos de agricultores familiares de leite no Sul do Brasil, ocorreu redução de produção de queijo familiar, principalmente, entre as famílias que produziam leite para venda. Em um município gaúcho, as famílias que produziam leite exclusivamente para consumo próprio foram responsáveis pela produção de 90,09% da quantidade total de queijos, em 2017. Tais resultados são consistentes com os achados do presente estudo, onde há uma maior proporção de propriedades produtoras de queijo e manteiga na tipologia fora do mercado formal de leite. Produzir informalmente é uma forma de complementar a renda das famílias dos espaços rurais, pois as estratégias produtivas e comerciais são variadas e estar em situação de informalidade não limita sua atividade econômica, contudo a informalidade nos mercados deixa muitas agroindústrias na invisibilidade social.

As propriedades não tecnificadas e que fazem parte do mercado formal do leite são, em sua maioria, de dupla aptidão pecuária e criação extensiva a pasto. Ressalta-se que aquelas de exploração exclusivamente leiteira (34%) são consideravelmente menores, enquanto as mistas são significativamente maiores (das seis maiores propriedades em estudo, três pertencem à tipologia e são mistas), e geralmente encontradas em GO e leste de MG. Nesse caso, os animais são pouco especializados e de baixa produtividade (grande maioria de raças mestiças), pois representam parcela de propriedades com foco na bovinocultura de corte, mas capazes de aproveitar o leite produzido.

Em Goiás, as regiões que se consolidaram na produção leiteira ao longo do tempo foram o Sul e o Centro Goiano. Em pesquisa sobre a distribuição espacial e produtiva da pecuária em Goiás, Ferreira et al. (2019) apontaram uma divisão territorial da pecuária que se encontra prioritariamente no Noroeste (compatível com o circuito 1 em estudo) e Sul (circuito 3) do estado, onde a bovinocultura de leite se localiza tanto na porção Sudoeste quanto Sudeste, este último com dupla aptidão de produção.

Observa-se ainda, que as Indústrias leiteiras no Brasil encontram-se distantes dos mercados consumidores hoje, tendo migrado para terras mais baratas e mais próximas de onde se produz o grão, concentrando-se principalmente a oeste dos estados e do País. Esse movimento é percebido ao avaliarmos São Paulo, que vem apresentando redução no total de propriedades rurais ao longo dos anos, evidenciado pela queda do leite produzido no estado (IBGE 1995, 2006, 2017).

Diversas causas podem ser associadas à redução da produção leiteira paulista, como, por exemplo, a expansão de outras culturas mais rentáveis, o custo e a dificuldade de contratação de mão de obra especializada, a escala de produção e o nível tecnológico dos produtores. A concorrência em relação à produção de outros estados é outro fator importante, já que os custos da terra e produção são bem inferiores (GHOBRIIL et al., 2018).

Apesar da tentativa de formação de cooperativas no Vale do Paraíba, o processo não se tornou eficiente (MEIRELES, 1983). Esse tipo de associação, nos estados do Sul, devido a questões culturais, viabilizou o crescimento do setor leiteiro. A união de produtores em cooperativas ou associações de produtores contribui para facilitar a administração e a organização da cadeia do leite, bem como dos próprios produtores, permitindo a redução de custos (GHOBRIIL et al., 2018).

Embora o a pecuária leiteira tenha significativa importância social e econômica para o país observa-se que, diferentemente da produção de grãos e carnes, ainda não conseguiu explorar o seu potencial. O crescimento apresentado até agora ocorreu no âmbito quantitativo e não qualitativo, deixando ainda uma oportunidade de investimento em tecnificação e manejo especializado, especialmente incremento da produtividade, o que permitirá produzir mais por menos (VILELA et al., 2017).

A aplicação de técnicas de ciência de dados para a caracterização e descoberta de segmentos vem sendo amplamente discutida e aplicada em diferentes áreas, inclusive o agronegócio. A ocorrência de clusters e sua associação a polos de produção podem fornecer base para o adequado planejamento de ações e formulação de políticas públicas para o setor. Isso significa que os sistemas de produção identificados podem melhorar a eficácia das ações dos serviços de saúde e fomento animal, já que estarão ajustadas às realidades sociais e econômicas locais, servindo de base para pesquisas de impacto econômico e saúde animal do setor.

Somado-se a isso, tendo em vista que os produtores de leite continuam buscando maximizar a lucratividade do rebanho por meio de um excelente desempenho dos animais, eles devem considerar novas tecnologias disponíveis (BROTZMAN et al., 2015).

Referências

ALVAREZ, A.; DEL CORRAL, J.; SOLÍS, D.; PÉREZ, J. A. Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? *J. Dairy Sci.* 91:3693–3698, 2008.

ANDRADE, R.G.; HOTT, M.C.; MAGALHÃES JUNIOR, W.C.P.; CARVALHO, G.R.; VILELA, D.; ALVES, E. Concentração e distribuição de leite no Brasil. *Revista de política Agrícola*, v. 30, n. 03, p. 21-28, 30, out. 2021. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1741>>. Acesso em: 06 novembro de 2023.

ASSIS, A.G.; STOCK, L.A.; CAMPOS, O.F.; GOMES, A.T.; ZOCCAL, R.; SILVA, M.R. *Sistemas de Produção de Leite no Brasil. Embrapa Gado de Leite – Circular Técnica 85*. 1ª Ed. Juiz de Fora, MG, dezembro 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/595700/1/CT85SistprodleiteBrasil.pdf>>. Acesso em 13 de junho de 2023.

BARBIERI, J. M.; OLIVEIRA, L. F.; DORNELES, E. M. S.; MOTA, A. L. A. A.; GONÇALVES, V. S. P.; MALUF, P. P.; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA, F.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J. H. H.; HEINEMANN, M. B.; AMAKU, M.; LAGE, A. P. Epidemiological status of bovine tuberculosis in the state of Minas Gerais, Brazil, 2013. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 37, n. 5, p. 3531-3548, 2016. Suplemento 2.

BEZERRA, A.J.A.; RIBEIRO, C.M.; KRONE, E.E.; CRUZ, F.T.; OSÓRIO, H.; SANTOS, J.S.; TOURRAND, J.F.; AZEVEDO, L.F.; MIGUEL, L.A.; FIALHO, M.A.V.; PORTO, R.G.; MENASCHE, R.; SPANEVELLO, R.M.; ANDREATTA, T.; FERNANDES, V.D. *Pecuária Familiar no Rio Grande do Sul: História, Diversidade social e Dinâmicas de desenvolvimento*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1ª ed., 2016.

BORCARD, D. *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, NY, 2011.

BOUVEYRON, C.; CELEUX, G.; MURPHY, T.B.; RAFTERY, A.E. *Model-Based Clustering and Classification for Data Science with Applications in R*, 1 ed., p. 186, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor Bruto da Produção Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vbp-para-2022-e-estimado-em-r-1-179-trilhao/202210VBPRESUMOret.xlsx/view>>. Acesso em: 10 de março de 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. Comunicado Técnico, Pesquisa Pecuária Municipal. Ed. 30, 2021.

CUI, M. Introduction to the K-Means Clustering algorithm based on the Elbow method. Geosci. Rem. Sens. 3, p. 9 - 16, 2022.

DIAS, R. A.; ULLOA-STANOJLOVIC, F. M.; BELCHIOR, A. C.; FERREIRA, R. S.; GONÇALVES, R. C.; AGUIAR, R. S. C. B.; SOUSA, P. R.; SANTOS, A. M. A.; FERREIRA, M. A.; FERREIRA, F.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J. H. H.; GONÇALVES, V. S. P.; HEINEMANN, M. B.; NETO, J. S. F. Prevalence and risk factors for bovine tuberculosis in the state of São Paulo, Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3673-3684, 2016. Suplemento 2.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO STAT - Livestock Primary. Roma, Italy, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 13 de agosto de 2022.

FERNANDES, E. N.; BRESSAN, M.; VERNEQUE, R. S. Zoneamento da pecuária leiteira da região sul do Brasil. Ciência Rural, Santa Maria-RS, v. 34, n. 2, p. 485- 491, 2004.

FERRAZZA, R. A. et al. Índices de desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção de leite com diferentes tipos de mão de obra. Ciência Animal Brasileira, Goiás, v. 16, n. 2, p. 193-204, abr./jun. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cab/v16n2/1518-2797-cab-16-02-0193.pdf>>. Acesso em: 21 de setembro 2023.

FERREIRA, G.C.V.; MIZIARA, F.; COUTO, V.R.M. Pecuária Em Goiás: Análise Da Distribuição Espacial E Produtiva. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza, Brasil, v. 13, n. 2, p.21 - 39. 2019. ISSN: 1982-5528. Disponível em: <<https://agrodefesa.gov.br/files/PRODEMA.pdf>>. Acesso em: 01 de outubro de 2023.

GHOBRIL, C.N.; BUENO, C.R.F.; SILVA, R.O.P. Diagnóstico da Produção e Consumo de Leite no Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola (IEA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SP, 2018. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=14509>>. Acesso em: 22 de setembro de 2023.

HUANG, Z. Extensions to the k-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values. Data Mining and Knowledge Discovery, v. 12, p. 283 – 304, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, v.49, p. 1 – 12, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2021_v49_br_informativo.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: 2006. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281073>>. Acesso em 12 de agosto de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: 1995. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=748>>. Acesso em 12 de agosto de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: 2017. Disponível em <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em 11 de setembro de 2021.

MEIRELES, A. J. Leite Paulista: História da formação de um sistema cooperativista no Brasil. São Paulo: HRM Editores Associados, p. 246, 1983.

MILINSKI, C.C.; GUEDINE, P.S.; VENTURA, C.A. O sistema agroindustrial do leite no Brasil: uma análise sistêmica. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, Centro Universitário de Franca Uni-FACEF, outubro, 2008. Disponível em: <https://issbrasil.usp.br/artigos/c_151.pdf>. Acesso em: 20 de Agosto de 2022.

QUEIROZ, M. R.; GROFF, A. C. M.; SILVA, N. S.; GRISI-FILHO, J. H. H.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA, F. Epidemiological status of bovine tuberculosis in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3647-3658, 2016. Suplemento 2.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; DE RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E). 1ª Ed. Juiz de Fora, MG, 2020.

ROCHA, W. V.; JAYME, V. S.; MOTA, A. L. A. A.; BRITO, W. M. E. D.; PIRES, G. R. C.; GRISI-FILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P. Prevalence and herd-level risk factors of bovine tuberculosis in the State of Goiás, Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3625-3628, 2016. Suplemento 2.

RODRIGUES, D. L.; AMORIM, E.A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M. BAQUERO, O.S.; DE HILDEBRAND E GRISI FILHO, J.H.; DIAS, R.A.; HEINEMANN, M.B; TELLES, E.O.; GONÇALVES, V.S.P.; COMPTON, C.; FERREIRA NETO, J.S. Apparent prevalence and risk factors for bovine tuberculosis in the state of Paraná, Brazil: an assessment after 18 years since the beginning of the Brazilian program. Tropical Animal Health and Production, v. 54, n. 6, p. 360, 24 dez. 2022.

SILVA, M. C. P.; GONÇALVES, V. S. P.; MOTA, A. L. A. A.; KOLODA, M.; FERREIRA NETO, J. S.; GRISIFILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M. B.; ALFIERI, A. A.; MULLER, E. E. Prevalence and herd-level risk factors for bovine tuberculosis in the state of Paraná, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3611-3624, 2016. Suplemento 2.

SISODIA, D.; SINGH, L.; SISODIA, S.; SAXENA, K. Clustering Techniques: A Brief Survey of Different Clustering Algorithms. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*. v. 1, ed. 3, 2012.

THIES, V.F.; SCHNEIDER, E.P.; MATTE, A. Trajetórias familiares na pecuária leiteira no sul do Brasil: entre a especialização e o fim da atividade, *Rev. Econ. Sociol. Rural* 61 (4), 2023.

VARELLA, M. Levantamento da EMATER-MG mostra que Minas Gerais tem 32 mil agroindústrias familiares, 2022. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/levantamento-da-emater-mg-mostra-que-minas-gerais-tem-32-mil-agroindustrias-familiares/?flagweb=novosite_pagina_interna_noticia&id=26273>. Acesso em: 22 de setembro de 2023.

VELOSO, F. P.; BAUMGARTEN, K. D.; MOTA, A. L. A. A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GRISI-FILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; GONÇALVES, V. S. P. Prevalence and herd-level risk factors of bovine tuberculosis in the State of Santa Catarina, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3659-3672, 2016. Suplemento 2.

VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos. Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite, 2017.

WEIGEL, K. A.; REKAYA, R. A multiple-trait herd cluster model for international dairy sire evaluation. *J. Dairy Sci.* v. 83, p. 815–821, 2000.

ZOCCAL, R. A força do agro e do leite no Brasil. Revista Balde Branco, Juiz de Fora, MG, 22 de Agosto de 2017. Disponível em: <<http://www.baldebranco.com.br/forca-agro-e-leite-no-brasil/>>. Acesso em 10 de Maio de 2019.

ZOTTELE, A.; TAMAYO, H.; BRIEVA, S.; IRIARTE, L. Family production animal health strategies. Boletim del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa, v.59, p.55- 64, 1993.

Capítulo 2

MAPEAMENTO DE RISCO DE TUBERCULOSE BOVINA E ASSOCIAÇÃO COM TIPOLOGIAS DE PRODUÇÃO NOS SEIS MAIORES ESTADOS PRODUTORES DE LEITE DO BRASIL

Resumo

A tuberculose bovina é uma zoonose de relevante importância à saúde animal e humana. As implicações comerciais da infecção representam as principais causas da preocupação com a doença, ainda que apresente um risco considerável de transmissão zoonótica. Buscando aprofundar as descobertas já relatadas de associação entre a produção leiteira mais tecnificada com a ocorrência da doença, o objetivo deste estudo é estimar a prevalência de rebanhos leiteiros para tuberculose bovina, assim como identificar as práticas produtivas associadas ao risco da infecção nos seis maiores estados produtores de leite do Brasil: GO, MG, SP, PR, SC e RS. A amostra incluiu propriedades de exploração leiteira ou mista, agrupadas em quatro tipologias produtivas da bovinocultura de leite. As prevalências estaduais ponderadas, de cada tipo de propriedade leiteira foram: propriedades sem ordenha mecânica e entrega de leite: GO 2.3% (IC 95% 0.75 – 7.0), MG 1.7% (IC 95% 0.1 – 3.6), SP 7.0% (IC 95% 5.1 – 9.4), PR 0.73% (IC 95% 0.02 – 3.0), SC 0.0% e RS 1.5% (IC 95% 0.05 – 9.4); propriedades sem mecanização e que participam do mercado formal de leite: GO 3.5% (IC 95% 2.0 – 6.22), MG 4.3% (IC 95% 3.0 – 6.1), SP 14.1% (IC 95% 10.3 – 19.0), PR 3.7% (IC 95% 1.6 – 8.13), SC 0.0% e RS 3.2% (IC 95% 0.05 – 16.3); propriedades com ordenha tipo mecânica ao pé: GO 6.5% (IC 95% 2.5 – 16.13), MG 9.5% (IC 95% 6.4 – 8.17), SP 26.1% (IC 95% 18.2 – 36.0), PR 3.2% (IC 95% 1.6 – 8.13), SC 0.8% (IC 95% 0.02 – 3.02) e RS 7.22% (IC 95% 4.0 – 13.22), e para as mais tecnificadas, que possuíam sala de ordenha, GO 10.9% (IC 95% 6.0 – 19.0), MG 10% (IC 95% 6.0 – 16.2), SP 44.6% (IC 95% 24.3 – 67.0), PR 3.9% (IC 95% 1.73 – 8.5), SC 4.6% (IC 95% 1.3 – 15.2) e RS 6.6% (IC 95% 2.3 – 16.8). Tais resultados deixaram evidente que a prevalência aumenta com a intensificação da produção, provavelmente em função da forma de criação dos animais, com maior densidade e em ambientes mais fechados. Há, também, grande heterogeneidade de prevalência de rebanho entre os estados, para todas as tipologias. O modelo de regressão logística revelou que a maior tecnificação da produção, o aumento do tamanho dos rebanhos e a compra de animais, são fatores que contribuem para aumentar o risco de bTB. Este estudo traz uma perspectiva mais detalhada e abrangente sobre a epidemiologia da tuberculose bovina nas principais regiões leiteiras do Brasil, fornecendo

uma base de conhecimento para direcionamento e priorização de políticas de vigilância e controle desta importante zoonose.

Palavras-chave: tuberculose bovina; tipologia produtiva; fatores de risco de rebanhos leiteiros; Brasil.

Introdução

A tuberculose é causada por bactérias pertencentes à família *Mycobacteriaceae*, gênero *Mycobacterium* sp. Nos mamíferos, os principais agentes etiológicos da tuberculose são *Mycobacterium tuberculosis*, responsável principal da tuberculose humana, *M. bovis*, principal agente da tuberculose bovina, e *M. africanum*, causador da tuberculose humana na África tropical (ACHA e SZYFRES, 2003). Dentre as espécies domésticas, a tuberculose tem maior importância clínica e de saúde pública em bovinos (SANTOS e ALESSI, 2003).

A doença afeta o sistema produtivo de várias maneiras, como diminuição da conversão alimentar ou até morte dos animais, resultando em menor produção de carne e leite, além de aumentar o custo de produção devido à necessidade de reposição (RUSHTON, 2009). Estima-se que os animais infectados percam entre 10% a 18% (BARWINEK e TAYLOR, 1996; HOMEM, 2003), sendo 12% a perda mais comum (BERNUÉS et al, 1997), de sua eficiência produtiva de leite e seus efeitos são sentidos nos rebanhos individualmente, mesmo em baixa prevalência.

A tuberculose bovina pode levar à desvalorização dos produtos de origem animal no mercado internacional (KANTOR e ÁLVARES, 1991), com a perda de prestígio e credibilidade da unidade de criação. Tais custos são considerados intangíveis e raramente são avaliados em estudos científicos, mesmo que seu impacto possa ser devastador para as comunidades rurais e a indústria agrícola. (OIE, 2019). As implicações comerciais da infecção representam as principais causas da preocupação com a doença. (SKUCE et al., 2012), ainda que a estreita associação de humanos com animais, e o fato de que o leite é frequentemente vendido não processado em países de baixa e média renda, determinam um risco considerável de transmissão zoonótica. No entanto, a extensão real do dano causado pela tuberculose zoonótica nessas regiões permanece desconhecido, devido à falta de informações (OIE, 2019).

Em países desenvolvidos, a doença foi praticamente erradicada após a implementação

de ações como a realização de teste e abate de animais e pasteurização do leite (COSIVI et al., 1998). Neles, os custos diretos e indiretos da tuberculose bovina (bTB) são principalmente relacionados com as barreiras comerciais para animais vivos e produtos animais, bem como os custos financeiros de implementação de programas obrigatórios de erradicação da bTB. (CAMINITI et al., 2016).

A Austrália é um dos poucos países a ter erradicado, com sucesso, a bTB. O último caso conhecido de tuberculose bovina foi registrado em 2002, após 27 anos de campanha de erradicação nacional. Apesar da vigilância intensiva contínua, nenhum outro caso de *Mycobacterium bovis* foi detectado, seja em populações de animais domésticos ou selvagens. Seu sucesso se deve a uma justificativa convincente, como risco de perdas econômicas, parceria entre governo e indústria, planos estratégicos plurianuais e planos operacionais anuais, normas técnicas, vigilância em abatedouros, eliminação eficaz da infecção residual e medidas objetivas de avaliação de progresso do programa (MORE et al., 2015).

Em contraste com os países de alta renda, programas de controle semelhantes não foram implementados com tanto sucesso na maioria dos países em desenvolvimento, apesar de evidências de prevalência de bTB alta como, por exemplo, na Índia, com prevalência estimada de 7,3% (IC 95%: 5,6, 9,5), indicando 21,8 milhões (IC 95%: 16,6, 28,4) de bovinos infectados (SRINIVASAN et al., 2018).

As primeiras iniciativas de controle da tuberculose bovina, no Brasil, foram realizadas durante o início de 1900, em nível estadual (ANTUNES et al., 2002). Posteriormente, foi aprovado o Regulamento do Serviço de Defesa Sanitária Animal, pelo Decreto nº 24.548, de 3 de julho de 1934 e sancionada a lei nº 569 de 21 de dezembro de 1948, que definiram regras de indenização a proprietários rurais, em caso de sacrifício de animais doentes, incluindo os tuberculosos, para garantir a saúde pública e a defesa sanitária animal. Tais medidas levaram à criação do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2001, através da Instrução Normativa Ministerial nº02 de 2001 (BRASIL, 2006).

Os últimos estudos realizados sobre a tuberculose bovina nos estados brasileiros permitiram detectar uma associação da ocorrência da infecção com as propriedades de leite mais tecnificadas (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; VELOSO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022). Os estudos mais recentes realizados nos seis estados maiores produtores de leite identificaram: em MG, prevalência de rebanhos de 4.25% (BARBIERI et al., 2016); em SP, prevalência de rebanhos de 9.0% (DIAS et al., 2016); em GO, prevalência de rebanhos de 3.43% (ROCHA et al.,

2016); no RS, prevalência de rebanhos de 2.8% (QUEIROZ et al., 2016); em SC, prevalência de rebanhos de 0,50% (VELOSO et al., 2016); e no PR, prevalência de rebanhos de 2.5% (RODRIGUES et al., 2022).

Contudo, a forma como as características e práticas produtivas, neste setor da produção pecuária, podem influenciar a presença da doença ainda não são muito bem descritas. Sendo assim, o objetivo deste estudo é estimar a prevalência de rebanhos leiteiros para tuberculose bovina por tipologias produtivas, assim como identificar as tipologias e práticas produtivas associadas ao risco da infecção nos seis maiores estados produtores de leite do Brasil

Materiais e Métodos

Amostragem

A amostra incluiu propriedades classificadas como de produção leiteira ou mista, de pesquisas prévias de prevalência da tuberculose bovina. Tais estudos foram realizados em cooperação técnica entre o MAPA, os órgãos estaduais de defesa sanitária animal, a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, com metodologia padronizada.

Os bancos de dados dos últimos inquéritos epidemiológicos da situação da tuberculose bovina nos seis maiores estados produtores de leite incluía o seguinte número de rebanhos de leite ou mistos, por Unidade da Federação: 574 em Goiás, coletado entre 2013 e 2014; 1713 em Minas Gerais, coletado em 2013; 970 em São Paulo, coletado em 2011; 965 no Paraná, coletado em 2018; 1062 em Santa Catarina, coletado em 2012; e 518 no Rio Grande do Sul, coletado em 2013, totalizando 5802 observações (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022; VELOSO et al., 2016).

As propriedades encontram-se agrupadas em tipologias produtivas, de acordo com estudo prévio de caracterização da bovinocultura de leite, o qual considerou os estados citados e que possibilitou identificar quatro grupos, com as seguintes características: propriedades sem ordenha mecânica e que não entregam leite ao mercado formal (2285 rebanhos); propriedades sem ordenha mecânica e que entregam leite (1709 rebanhos);

propriedades com ordenha ao pé e entrega de leite (1237 rebanhos) e propriedades com ordenha em sala de ordenha e entrega de leite (570 rebanhos).

A variável tipologia produtiva foi obtida através de análise de agrupamento tomando como base variáveis categóricas classificadoras de manejo de produção leiteira. As variáveis empregadas foram: tipos de exploração, “leite” e “mista”; tipos de criação “confinado”, “semi-confinado” e “extensivo”; tipos de ordenha, “manual”, “mecânica ao pé” e “mecânica em sala de ordenha”; número de ordenhas por dia; tamanho do rebanho, representado por total de fêmeas a partir de 24 meses; entrega de leite; resfriamento do leite e presença de assistência veterinária.

Para garantir que as amostras seriam as mais representativas da realidade agroprodutiva, levando-se em consideração que a produção agropecuária dos estados é heterogênea, durante condução dos inquéritos estaduais, eles foram divididos em circuitos produtores, ou estratos, buscando homogeneizar as regiões. Os limites dos circuitos produtores de cada um dos 6 estados em estudo podem ser observados na Figura 1.

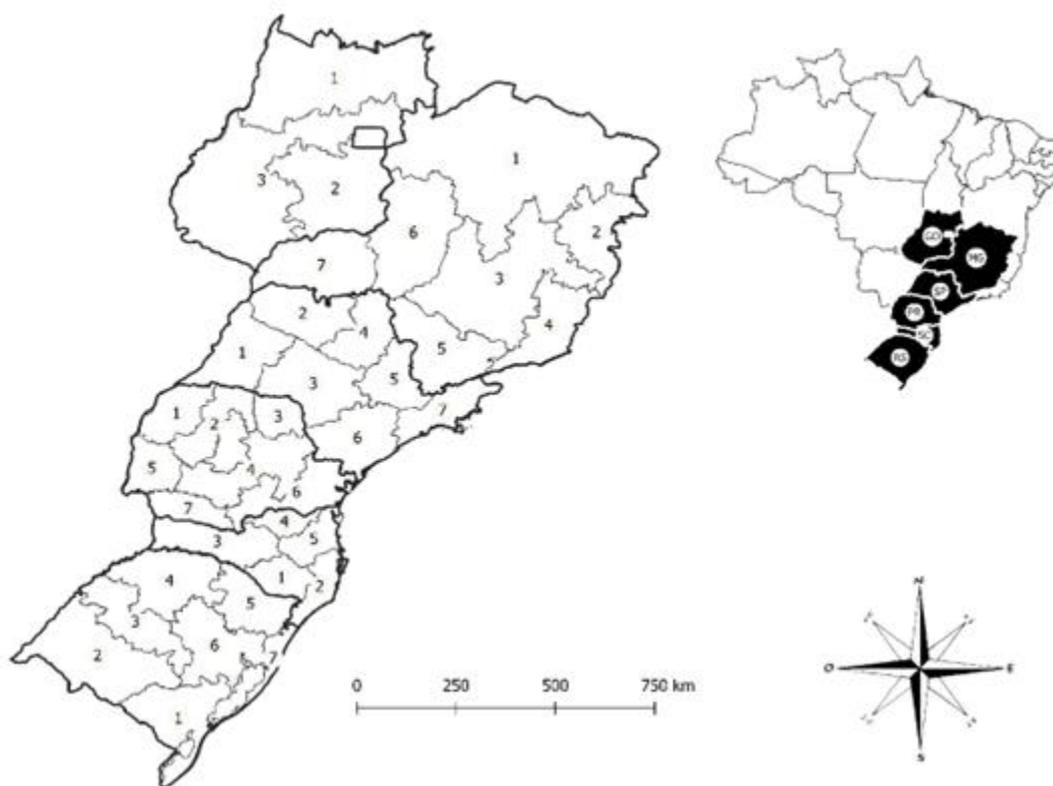


Figura 1. Divisão geográfica dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP, delineando seus respectivos circuitos produtores.

Conforme o protocolo definido pelo Programa Nacional de Controle e Erradicação

da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT), o estudo amostral foi realizado em duas etapas: sorteio aleatório de um número pré-estabelecido de rebanhos, onde em GO, MG e SC selecionaram-se 300 propriedades em cada circuito; SP e PR, cerca de 250; e RS, 150; e, em seguida, testagem de um número pré-estabelecido de fêmeas com idade igual ou superior a 2 anos. Caso o rebanho fosse constituído por até 99 fêmeas de reprodução (fêmeas ≥ 24 meses), escolhiam-se aleatoriamente 20 fêmeas de reprodução (fêmeas ≥ 24) ou todas as fêmeas existentes nessa faixa etária se não totalizassem 20; se fosse constituído por 100 ou mais eram testadas 40 fêmeas (≥ 24 meses).

Estes valores foram calculados com base nos seguintes parâmetros: prevalência intra-rebanho de 15%, 77,5% de sensibilidade e 99,5% de especificidade do teste diagnóstico - teste cervical comparativo (TCC) de tuberculização, segundo os critérios oficiais de interpretação (Brasil, 2006).

Estimativa da prevalência de tuberculose bovina para cada tipologia de produção leiteira

Os cálculos das prevalências aparentes e os respectivos intervalos de confiança foram realizados conforme preconizado por Dean et al. (1994), no software STATA® versão 17 (STATA, 2021), para cada sistema de produção.

Como foi realizada uma amostragem aleatória simples dos rebanhos dentro de cada região em cada um dos estados em estudo, a prevalência da amostra foi determinada pela razão dos rebanhos positivos pelo total de rebanhos amostrados no estrato, em cada grupo de bovinocultura leiteira.

Conforme Dohoo et al. (2010), para obtenção da prevalência de cada tipologia produtiva estadual ponderada, multiplicou-se o peso P1, conforme fórmula abaixo, pela prevalência de cada região. O resultado de P1 reflete o número de rebanhos na população que cada observação representa na amostra, já que a amostra selecionada não era proporcional ao número de rebanhos de cada região.

$$P1 = \frac{\textit{Propriedades por tipologia na região}}{\textit{Propriedades por tipologia amostradas na região}}$$

Para a determinação do total de propriedades de cada tipologia produtiva encontradas por região, foi feita uma aproximação baseando-se na sua proporção na amostra multiplicada pelo total de propriedades produtoras de leite do circuito produtor.

O total de propriedades produtoras de leite, de cada circuito, foi extraído do censo agropecuário de 2017, disponível na plataforma SIDRA, sistema de recuperação automática do IBGE, somando-se os dados de cada município componente dos circuitos produtivos.

$$\text{Proporção na amostra} = \frac{\text{Propriedades por tipologia amostradas na região}}{\text{Propriedades amostradas na região}}$$

O cálculo do total de propriedades foco de cada estado, por tipologia produtiva, foi obtido a partir das prevalências estaduais ponderadas encontradas e do total de propriedades.

Regressão logística multivariável e Correlação V de Cramer

Empregou-se a regressão logística multivariável para análise da variável tipologias produtivas como fator associado ao risco da tuberculose bovina. A regressão logística é um modelo estatístico de classificação, capaz de examinar a relação de um resultado dicotômico com um ou mais preditores, que podem ser categóricos ou contínuos (RANGANATHAN et al., 2017).

Além da tipologia produtiva, as variáveis de tamanho de rebanho, representada pelo total de fêmeas acima de 24 meses ($p < 0.01$), aquisição de bovinos nos 2 anos anteriores ($p < 0.01$) e aluguel de pasto a outras propriedades ($p = 0.014$) foram selecionadas como potencialmente explicativas. Tal escolha baseou-se no resultado da análise univariada de testes de χ^2 , onde definiu-se como ponto de corte arbitrário o nível de significância de $p \leq 0.20$, consistente com estudos anteriores, que também identificaram essas variáveis como fatores associados ao risco de tuberculose bovina (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; VELOSO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022).

As variáveis já utilizadas para composição da tipologia produtiva não foram ofertadas ao modelo por estarem correlacionadas, com exceção da variável tamanho de rebanho. Demais variáveis que poderiam estar associadas à dinâmica da doença como: compartilhamento de bebedouros com outras propriedades; divisão de pasto com mata; áreas de concentração de bovinos; e aquisição e venda de reprodutores foram excluídas por falta de dados para todos os estados em estudo.

A variável indicativa da Unidade da Federação em estudo foi utilizada como controle do modelo, para neutralizar a sua influência no resultado.

O coeficiente de regressão verifica a mudança média na variável dependente a cada uma unidade de mudança na variável independente, mantendo todas as demais constantes. Se as variáveis explicativas estiverem correlacionadas, não será possível separar seus efeitos individuais no desfecho. Este problema é conhecido como multicolinearidade (MULTICOLLINEARITY, 2021).

A apuração da inter-relação entre os três possíveis fatores de risco citados, todos categóricos, foi realizada através da estatística Cramer (desenvolvida por Harald Cramér). Ela facilita a análise das estimativas de associação, dado que seu resultado varia de 0 (menor) a 1 (maior). A correlação de Pearson, comumente utilizada, é inapropriada para este estudo, já que é indicada para variáveis quantitativas, enquanto a estatística qui-quadrado, também de Pearson, pode ser difícil de interpretar (KEARNEY, 2017).

A fórmula empregada foi a seguinte:

$$Cramer's V = \sqrt{(X^2/n) / \min(c-1, r-1)}$$

Onde:

X^2 : estatística qui-quadrado

n: tamanho da amostra

r: número de linhas

c: número de colunas

Correlação V de Cramer interpretação:

Graus de liberdade	Fraca	Média	Forte
1	0.1	0.3	0.5
2	0.07	0.21	0.35
3	0.06	0.17	0.29
4	0.05	0.15	0.25
5	0.04	0.13	0.22

Onde, graus de liberdade:

gl = min(número de linhas -1, número de colunas -1)

gl = min(1, 2)

gl = 1

Além disso, o método backward stepwise foi selecionado, o qual tem a vantagem de considerar os efeitos de todas as variáveis simultaneamente, e foi realizado em dois formatos. Primeiramente o *model-based*, que assume amostragem aleatória simples e é aplicado para selecionar as variáveis que compõem o modelo final, para avaliar o ajuste do modelo usando a máxima razão de verossimilhança e para avaliar o poder discriminatório do modelo. Em seguida, foi usado o modelo *design-based*, que permite ponderar cada propriedade amostrada dos 36 circuitos produtores em estudo, sendo o mais adequado para a inferência populacional da magnitude dos fatores de risco (HOSMER et al., 2013), dado o delineamento amostral utilizado.

Distribuição espacial

Durante a visita às propriedades para realização dos inquéritos, também foram coletadas as coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos rebanhos amostrados. Para isso, utilizaram-se aparelhos de posicionamento global por satélite (GPS). Assim, foi possível plotar mapas da distribuição espacial dos rebanhos positivos para tuberculose bovina no software Qgis v. 3.22.0, para cada tipologia descrita.

Resultados

Dos 5802 rebanhos incluídos no estudo, 294 foram classificados como positivos para tuberculose bovina. Destes, 59 pertenciam à tipologia produtiva sem mecanização e sem entrega formal de leite, 101 ao grupo sem mecanização, mas com entrega de leite; 86 ao grupo com ordenha mecânica ao pé e 48 eram rebanhos com ordenha mecânica em sala de ordenha. As Figuras 2 a 5 representam graficamente a localização dos rebanhos TB positivos, por tipologia produtiva.

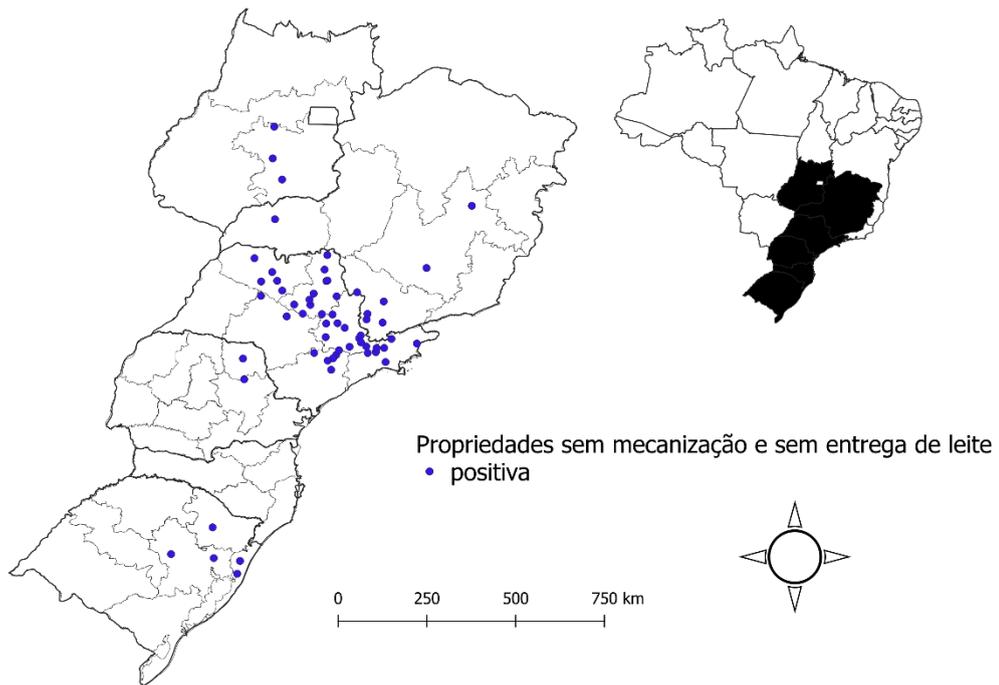


Figura 2. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, sem ordenha mecânica e sem entrega de leite

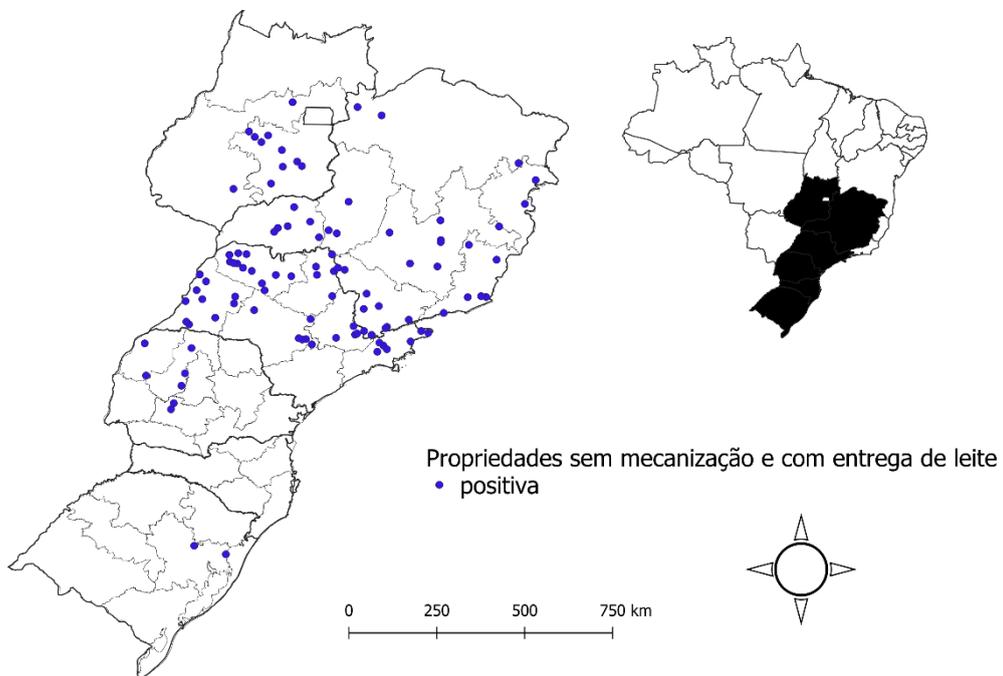


Figura 3. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, sem ordenha mecânica e com entrega de leite

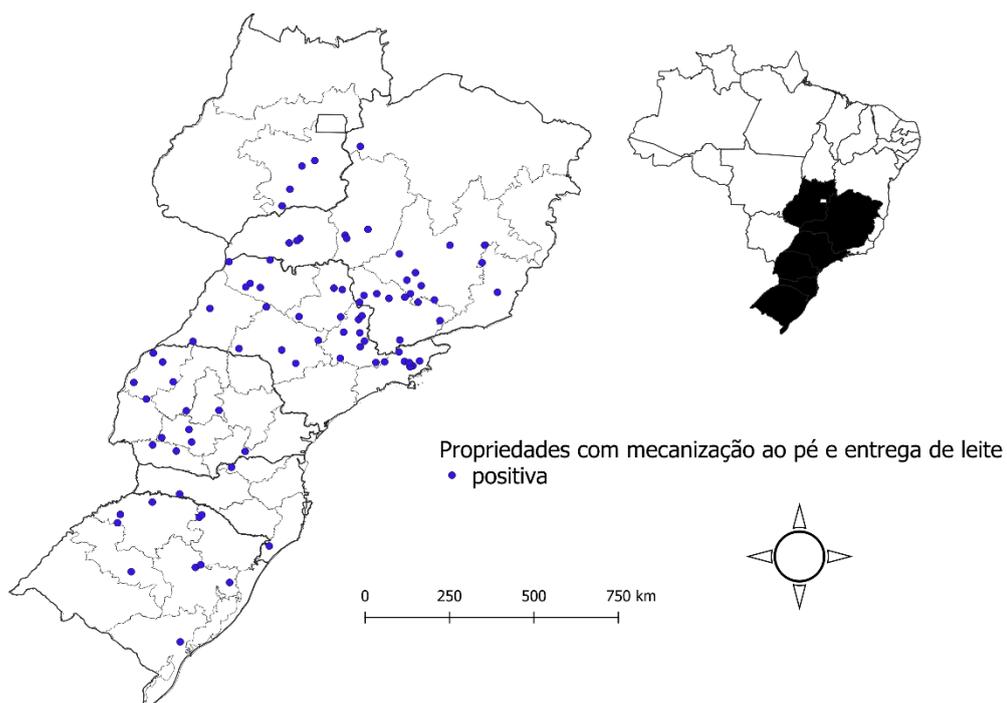


Figura 4. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB, com mecanização ao pé e entrega de leite.

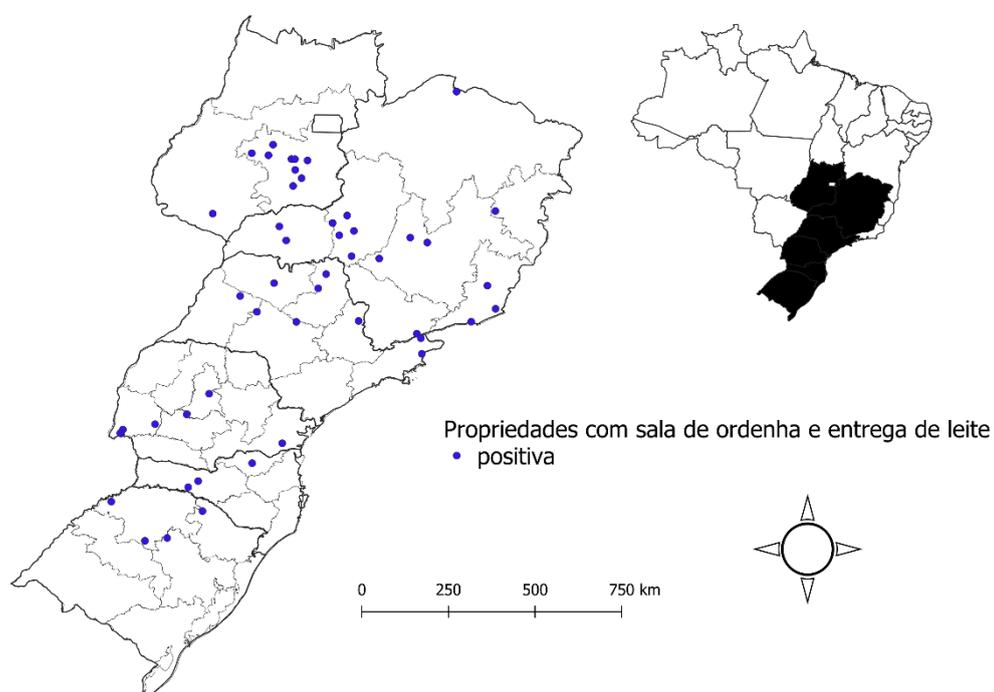


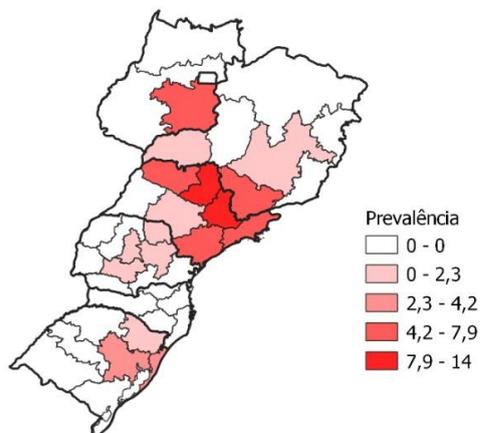
Figura 5. Distribuição espacial das propriedades positivas para bTB com sala de ordenha e entrega de leite.

A prevalência ponderada de rebanhos infectados, de cada estado, encontra-se na Figura 6. e na Tabela 1, dividida por tipologia produtiva.

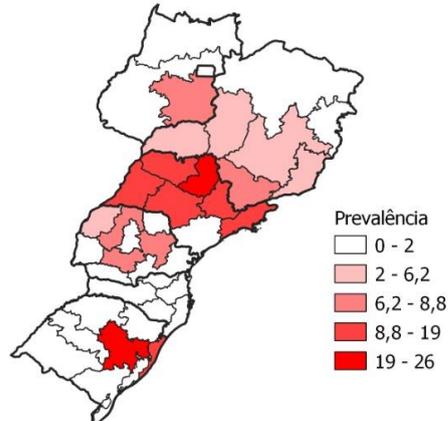
Tabela 1. Prevalência de rebanho da amostra por tipologias produtivas dos estados de GO, MG, PR, RS, SC e SP.

	Tipologias Produtivas							
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite (%)	IC 95%	Sem ordenha mecânica e vende leite (%)	IC 95%	Ordenha mecânica ao pé e vende leite (%)	IC95%	Ordenha mecânica em sala e vende leite (%)	IC 95%
Goiás	2.3	[0.75 – 7.0]	3.5	[2.0 – 6.22]	6.5	[2.5 – 16.13]	10.9	[6.0 – 19.0]
Minas Gerais	1.7	[0.08 – 3.6]	4.3	[3.0 – 6.06]	9.5	[6.4 – 14.0]	10	[6.0 – 16.2]
São Paulo	7.0	[5.1 – 9.4]	14.1	[10.3 – 19]	26.1	[18.2 – 36.0]	44.6	[24.3 – 67.0]
Paraná	0.73	[0.02 – 3.0]	3.7	[1.6 – 8.13]	3.2	[1.76 – 5.5]	3.9	[1.73 – 8.5]
Santa Catarina	0.0	-	0.0	-	0.8	[0.02 – 3.02]	4.6	[1.3 – 15.2]
Rio Grande do Sul	1.5	[0.05 – 4.3]	3.2	[0.05 – 16.3]	7.2	[4.0 – 13.23]	6.6	[2.3 – 16.8]
Total	1.8	[1.23 – 2.55]	4.8	[3.8 – 6.0]	6.2	[4.77 – 8.1]	8.0	[5.7 – 11.0]

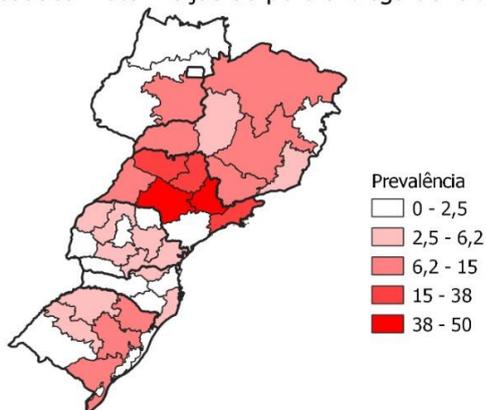
Propriedades sem mecanização e sem entrega de leite



Propriedades sem mecanização e com entrega de leite



Propriedades mecanização ao pé e entrega de leite



Propriedades mecanização em sala e entrega de leite

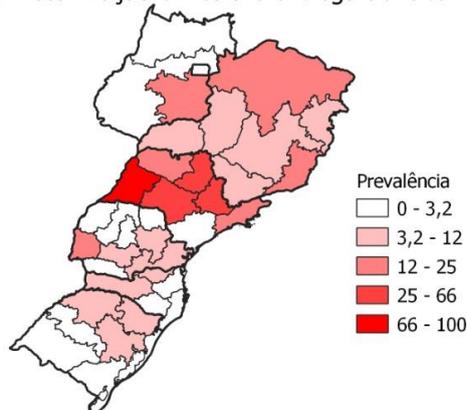


Figura 6. Prevalência de rebanho da amostra das quatro tipologias produtivas em estudo dos seis maiores estados produtores de leite, agrupados por circuitos produtores.

Em GO, a maior prevalência de rebanhos produtores de leite foi identificada no grupo com ordenha mecânica em sala de ordenha e entrega de leite. No estado, o estrato 2, região leiteira do estado, apresentou a maior prevalência, 18.37% (IC 95% 10.0 – 31.7), muito acima das demais regiões.

Em MG, os grupos com ordenha mecânica ao pé e com ordenha mecânica em sala de ordenha apresentaram prevalências semelhantes, 9.5% (IC 95% 6.4 – 8.2) e 9.94% (IC 95% 6.0 – 16.2), respectivamente. Mas, enquanto naquele as regiões Sul e Sudeste (estrato 5) e região Central (estrato 3), tiveram as maiores prevalências, neste foram as Zona da Mata (estrato 4) e regiões Noroeste, Norte e Nordeste (estrato 3). O Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro (circuito 6 e 7), que se encontram dentre as maiores regiões produtoras de leite do país, apresentaram resultados bem semelhantes nos dois grupos citados.

No estado de SP, as quatro tipologias tiveram prevalência acima da média nacional. Dentre as propriedades sem ordenha mecânica e sem entrega de leite, o resultado foi de 7.0% (IC 95% 5,1 – 9,4); naquelas sem ordenha mecânica mas com entrega de leite, 14.05% (IC 95% 10,33 – 19,0); com ordenha mecânica ao pé, 26.12% (IC 95% 18,21 – 36,0), chegando a 44.62% (IC 95% 24,31 – 67,0) no grupo com ordenha mecânica em sala de ordenha.

No Paraná, o grupo sem ordenha mecânica e sem entrega de leite apresentou dois focos apenas, um na região norte (3) e, outro, na centro-sul (4). Chama a atenção a prevalência ajustada do estado do grupo sem mecanização e com entrega de leite, total 3.71% (IC 95% 1,64 – 8,13), e aquele com ordenha mecânica ao pé, 3.13% (IC 95% 1,76 – 5,5), bem semelhantes. Já no grupo com ordenha em sala de ordenha, a região que mais se destacou foi a oeste (5). De acordo com SILVA et al., 2016, a região oeste não havia apresentado nenhum foco, enquanto RODRIGUES et al., 2018, já identificou 6 rebanhos positivos, dos quais 4 se encontram no último grupo.

A prevalência em SC, nas tipologias com ordenha mecânica ao pé e em sala de ordenha, foi muito baixa, chegando a zero nas demais. O grupo ordenha mecânica em sala de ordenha foi o que apresentou maior prevalência, 4.61% (IC 95% 1,3 – 15,2), e com focos apenas nas regiões oeste (3) e norte (4).

No Rio Grande do Sul entraram para o estudo apenas 518 propriedades. A região 7, denominada costa norte, apenas teve focos nos grupos sem ordenha mecânica, inclusive sendo a maior prevalência neles, enquanto a região 6, área metropolitana, teve alta prevalência, proporcional, em todas as tipologias. As demais regiões tiveram focos semelhantes para as tipologias com ordenha mecânica.

Na Tabela 2, observa-se o total de propriedades foco de cada estado, dividido por

tipologia produtiva. Nos estados de GO, MG e SP, identificou-se a maior proporção dos casos naquelas sem ordenha mecânica mas que vendem leite, enquanto que nos estados do sul, PR, SC e RS, a maioria encontrada foi daquelas com ordenha mecânica os pé e que vendem leite.

Tabela 2. Total de propriedades foco por tipologia e estado.

	Tipologias Produtivas				Total
	Sem ordenha mecânica e sem venda de leite	Sem ordenha mecânica e vende leite	Ordenha mecânica ao pé e vende leite	Ordenha mecânica em sala e vende leite	(% do total de focos)
Goiás	356 (10%)	1354 (40%)	475 (14%)	1211 (36%)	3396 (12.4%)
Minas Gerais	1026 (9%)	4330 (41%)	3505 (33%)	1820 (17%)	10681 (39.1%)
São Paulo	1359 (26%)	2254 (44%)	1184 (23%)	363 (7%)	5160 (18.9%)
Paraná	214 (10%)	476 (22%)	1020 (46%)	482 (22%)	2192 (8%)
Santa Catarina	0	0	222 (42%)	306 (58%)	528 (2%)
Rio Grande do Sul	898 (17%)	371 (7%)	2860 (53%)	1227 (23%)	5356 (19.6%)
Total	3853 (14%)	8785 (32.2%)	9266 (34%)	5409 (19.8%)	27313

Para emprego dos modelos de regressão logística dos fatores associados ao risco da bTB (Tabelas 3 e 4), foi necessário recategorizar a variável tipologia produtiva. Como o número de amostras do grupo propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha é bem reduzido, além da prevalência de tuberculose ser baixa, o número de observações acabou ficando limitado para as variáveis em estudo. Ao final, totalizaram-se três categorias, onde os grupos propriedades com mecanização ao pé e propriedades com mecanização em sala de ordenha, foram unidos, resultando em uma tipologia com 1807 observações.

Em relação à variável tamanho de rebanho, as propriedades foram divididas em dois grupos: “rebanhos com até 60 fêmeas adultas” e “rebanhos a partir de 61 fêmeas adultas”. Esse ponto de corte representa o percentil 90%, selecionado após análise da correlação de V de Cramer, onde a força de associação com a tipologia de rebanho é fraca a média (V de Cramer igual a 0.24).

De acordo com a correlação V de Cramer, quando a variável era categorizada em propriedades pequenas e grandes, com pontos de corte menores, havia forte correlação com a tipologia produtiva, como por exemplo, o percentil 75% com ponto de corte de 27 fêmeas adultas e V de Cramer igual a 0.36. Com pontos de corte maiores, a correlação não se alterava significativamente em relação ao percentil 90%, contudo se criava uma categoria de propriedades grandes com poucas observações, limitado o poder estatístico do teste.

No modelo de regressão logística final permaneceram as variáveis tipologia produtiva, aquisição de bovinos nos últimos 2 anos e tamanho de rebanho. A chance de se encontrar tuberculose em rebanhos com ao menos 61 fêmeas adultas foi 1.5 (IC 95% 1.05 - 2.1) vezes maior do que em rebanhos com até 60 fêmeas adultas e aqueles que adquiriram bovinos nos últimos 2 anos possuíam 1.55 (IC 95% 1.2 - 2.0) vezes mais chance de terem animais positivos para tuberculose, do que os que não declararam não ter comprado animais. No caso da tipologia de rebanho, propriedades que entregam leite, mas sem mecanização, indicaram chance igual a 2.1 (IC 95% 1.5 – 2.3) em comparação àquelas que não entregam leite; e propriedades mecanizadas igual a 4.5 (IC 95% 3.0 – 6.12) em relação ao mesmo grupo de referência, como descrito na Tabela 3.

A variável aluguel de pasto a outras propriedades foi removida do modelo final pois a associação não era estatisticamente significativa ($p \geq 0.05$).

Tabela 3. Modelo de regressão logística *model-based* para tuberculose bovina dos estados de GO, MG, SP, PR, SC e RS (HOSMER et al., 2013).

Variáveis	Odds Ratio	Intervalo de Confiança 95%		P valor
Tipologia produtiva				0.0
Sem entrega de leite	Referência			
Sem mecanização	2.1	1.5	2.3	
Mecanizado	4.3	3.0	6.12	
Aquisição de bovinos				0.001
Não adquiriu nos últimos 2 anos	Referência			
Adquiriu nos últimos 2 anos	1.56	1.2	2.0	
Nº de fêmeas no rebanho				0.028
Até 60 fêmeas	Referência			
61 ou mais fêmeas	1.5	1.05	2.1	

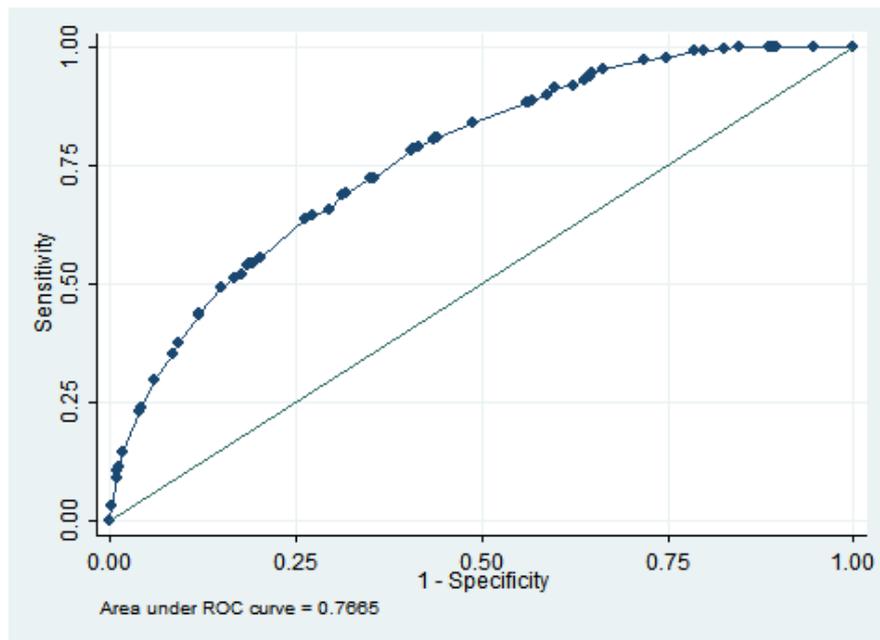


Figura 7. Curva ROC (*Receiver operating characteristics*) do modelo de regressão logística.

De acordo com Dohoo et al. (2010), uma área abaixo da curva ROC de 0.7665, conforme ilustrado na Figura 7., indica capacidade satisfatória do modelo em discriminar rebanhos positivos de negativos.

O modelo de regressão logística *design-based* (Tabela 4), que considera o peso das amostras por circuitos produtivos, indicou razão de chance (*odds ratio* – OR) igual a 2.2 (IC 95% 1.4 - 3.5) para propriedades que entregam leite, mas sem mecanização em comparação àquelas que não entregam leite; e propriedades mecanizadas igual a 4.5 (IC 95% 2.8 - 7.2); 1.6 (IC 95% 1.1 - 2.4) em propriedade com mais de 60 fêmeas adultas e 1.55 (IC 95% 1.12 - 2.14) para as propriedades que adquiriram bovinos nos últimos 2 anos.

Tabela 4. Modelo de regressão logística *design-based* para tuberculose bovina dos estados de GO, MG, SP, PR, SC e RS (HOSMER et al., 2013).

Variáveis	Odds Ratio	Intervalo de Confiança 95%		P valor
Tipologia produtiva				0.0
Sem entrega de leite	Referência			
Sem mecanização	2.2	1.4	3.5	
Mecanizado	4.5	2.8	7.2	
Aquisição de bovinos				0.008
Não adquiriu nos últimos 2 anos	Referência			
Adquiriu nos últimos 2 anos	1.55	1.12	2.14	
Nº de fêmeas no rebanho				0.019
Até 60 fêmeas	Referência			
61 ou mais fêmeas	1.6	1.1	2.4	

A interpretação da OR foi bastante semelhante em ambos modelos, contudo o modelo *design-based* é mais apropriado para inferências populacionais, já que leva em consideração o peso que cada propriedade amostrada representa para o total da população, desta forma incorporando o delineamento amostral.

Discussão e Conclusão

A prevalência de rebanho das tipologias produtivas teve um padrão semelhante entre os estados de GO, MG e RS, com resultados de 2.3% (IC 95% 0.75 – 7.0), 1.7% (IC 95% 0.1 – 3.6) e 1.5% (IC 95% 0.05 – 9.4), em propriedades sem ordenha mecânica e entrega de leite; 3.5% (IC 95% 2.0 – 6.22) , 4.3% (IC 95% 3.0 – 6.1) e 3.2% (IC 0.05 – 16.3) naquelas sem mecanização mas que participam do mercado formal de leite; 6.5% (IC 95% 2,5 – 16,13), 9.5% 6.4 – 8.17) e 7.22% (IC 95% 4.0 – 13.22), nas que apresentaram ordenha mecânica ao pé e para as mais tecnificadas, que possuíam sala de ordenha, 10.9% (IC 95% 6.0 – 19.0), 10% (IC 95% 6.0 – 16.2) e 6.6% (IC 95% 2.3 – 16.8), respectivamente (Tabela 1).

O Paraná compôs uma categoria intermediária, onde a prevalência do primeiro grupo é 0.73% (IC 95% 0.02 – 3.0); no segundo 3.7% (IC 95% 1.6 – 8.13); no terceiro 3.2% (IC 95% 1.6 – 8.13) e no quarto, 3.9% (IC 95% 1,73 – 8,5). Os extremos ficaram entre Santa Catarina e São Paulo, com prevalências de 0.0% e 7.0% (IC 95% 5.1 – 9.4); 0.0% e 14.1% (IC 95% 10.3 – 19.0); 0.8% (IC 95% 0.02 – 3.02) e 26.1% (IC 95% 18.2 – 36.0) e 4.6% (IC 95% 1.3 – 15.2) e 44.6% (IC 95% 24.3 – 67.0), para cada tipologia e estado, respectivamente (Tabela 1).

Ao dividir os rebanhos estaduais em quatro tipologias produtivas, reduziu-se significativamente o número de observações por categoria. Em São Paulo e Rio Grande do Sul, para a tipologia com ordenha em sala de ordenha, devido ao processo amostral, não foram selecionadas propriedades do estrato 6 daquele estado, e estratos 2 e 7 deste. Isso, possivelmente, também afetou o cálculo da medida de frequência da bTB do grupo no RS, já que, ao contrário dos demais estados, a prevalência diminuiu em comparação ao grupo com ordenha tipo mecânica ao pé.

Os estudos anteriores de fatores de risco para a tuberculose bovina nos estados brasileiros (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022; VELOSO et al., 2016), foram realizados apenas dentro dos estados, o que restringe a análise. A distribuição espacial dos rebanhos positivos, assim como das prevalências dos circuitos produtores de cada estado, permitiu constatar que a situação da tuberculose bovina no país segue um padrão que não se limita às divisas estaduais.

Em todas as tipologias, é possível observar uma área contígua de presença da infecção entre o sul de Minas Gerais, região central de Goiás e o norte de São Paulo. Um estudo conduzido por Griffin et al. em 1996, constatou que a proximidade com vizinhos infectados por bTB é um fator de risco significativo, onde surtos de tuberculose bovina foram mais prováveis de afetar vários rebanhos em vez de apenas um. A comercialização tradicional de animais entre esses estados contribuir para espalhar e manter a doença na área, levando-se em consideração que a aquisição de animais entre propriedades vizinhas é prática comum no país.

Além disso, a tipologia leiteira de maior tecnificação, ou seja, grupo de propriedades com mecanização em sala de ordenha e que comercializam formalmente o leite, obteve as maiores prevalências de rebanho em todos os estados. A associação entre rebanhos leiteiros tecnificados e a bTB já foi reportada por diversos autores, onde, devido ao manejo da ordenha, os animais aglomeram-se por longos períodos, predispondo à disseminação do agente (BARBIERI et al., 2016; DIAS et al., 2016; QUEIROZ et al., 2016; ROCHA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022; VELOSO et al., 2016). Fica evidente que a prevalência aumenta gradativamente, conforme o incremento do nível de tecnificação da produção.

Contudo, ao analisarmos o total de propriedades foco de cada estado, por tipologia produtiva, observa-se que, como cerca de 70% das propriedades leiteiras são de baixo nível tecnológico, ainda assim elas representam fração importante dos focos de tuberculose bovina nas propriedades sem mecanização da ordenha em GO, MG e, sobretudo, em SP.

Embora a prevalência em rebanhos de subsistência seja bem baixa na região sul (especialmente em SC), foi verificado que a zoonose também é um problema sanitário para as

propriedades sem intensificação da produção, que respondem por 14% do total de focos. A prevalência dessa tipologia em São Paulo foi semelhante às de produção mais tecnificada de outros estados, alertando para a necessidade de estratégias de controle da doença tanto na região, quanto para as propriedades leiteiras não tecnificadas. Vale também lembrar que este tipo de propriedades representa aproximadamente 40% do total dos rebanhos onde há produção de leite.

Nas tipologias em análise, São Paulo apresentou as maiores prevalências, chegando a quase metade dos rebanhos infectados no grupo com mecanização da ordenha em sala de ordenha. Os circuitos produtores em maior risco foram o 4 e 5 (nordeste do estado), para as quatro categorias, incluindo-se o circuito 3 e Vale do Paraíba (circuito 7), quando havia ordenha mecânica ao pé, e apenas o 3 no caso de sala de ordenha, o que é consistente com DIAS et al. (2016), onde a prevalência de rebanhos leiteiros no estrato 4 foi 25,4% (IC 95% 16.4 – 37.1) e no 5, 22,6% (IC 95% 14.9 – 32.8). Essas regiões compõem área tradicional da pecuária leiteira, ressaltando-se o Vale do Paraíba, a maior região produtora do estado de São Paulo (IBGE, 2017).

Tanto o modelo de regressão logística *design-based* quanto o *model-based* apresentaram os mesmos fatores de risco para os rebanhos leiteiros: tipologia produtiva com mecanização de ordenha e venda formal do leite; grandes rebanhos (a partir de 61 fêmeas adultas) e aquisição de bovinos. Entretanto, como o modelo *design-based* inclui o peso dos rebanhos amostrados por circuito produtor é o mais indicado para inferências populacionais (HOSMER et al., 2013).

De acordo com o modelo, a tipologia produtiva mecanizada com venda formal de leite apresentou OR 4.3 vezes maior do que aquela sem mecanização e sem entrega de leite, a associação mais forte encontrada (Tabela 26). A maior prevalência de bTB é geralmente vista em áreas com sistemas leiteiros intensivos (COSIVI et al., 1998), onde a transmissão do agente é facilitada no momento da ordenha (HUMBLET et al., 2009). Além do contato próximo, o uso de camas do sistema Freestall é um fator associado à ocorrência da doença. Comum em propriedades de produção intensiva, seu uso pode ser estressante aos animais, aumentando a susceptibilidade à infecção (GRIFFIN et al., 1993).

Dentro do grupo de baixo nível tecnológico, a razão de chance de rebanhos sem mecanização de ordenha, mas que vendem leite ao mercado formal, foi 2.2 vezes maior do que os de subsistência, indicando que há diferenças importantes entre estas tipologias de produção, o que ainda não havia sido captado por levantamentos estaduais.

Além do risco associado de práticas de manejo das criações à ocorrência de tuberculose

bovina, a diferença considerável da distribuição de prevalência entre os estados indica a possibilidade de correlação espacial com a presença de bTB. Contudo, uma análise apenas descritiva não permite identificar associação com significância estatística. A condução de pesquisa analítica poderia fornecer evidências capazes de comprovar o padrão observado.

Embora a variável de tipologia produtiva inclua a característica de tamanho de rebanho, o modelo demonstrou que possuir muitos animais é um risco independente do sistema intensificado de produção. A variável já foi descrita como fator de risco relevante em estudos realizados tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. A transmissão do agente por via aerógena, a mais comum, é propícia em situações de grande densidade populacional. A densidade dos rebanhos além de ser responsável pela exposição, também leva à persistência da doença (HUMBLET et al., 2009).

A aquisição de animais é o fator descrito com maior força de associação de risco de tuberculose bovina (SKUCE et al., 2012), já que é responsável pela introdução de animais infectados. É, também, hábito mais comum em grandes propriedades. Ainda que se recomende testar os animais antes da introdução, a prática ainda não é amplamente aplicada pelos produtores.

Considerando que a sanidade dos rebanhos é fundamental para a melhoria da qualidade e quantidade do leite produzido pelos rebanhos brasileiros (VILELA et al., 2017), a adoção de medidas de controle baseadas em risco é fundamental para o setor. Além disso, os consumidores são, hoje, mais seletivos e demandam por produtos mais seguros e que não representem risco à saúde pública. Isso deve impulsionar o setor a melhorar os aspectos qualitativos do leite, ainda mais assumindo os riscos decorrentes da persistente venda informal de leite não inspecionado no país.

Dentre as medidas já implementadas pelo PNCEBT, o processo de certificação de propriedade livre é voluntário e ainda apresenta reduzido número de adesões, indicando que os produtores ainda não perceberam seus benefícios. A adoção do processo implica alterar métodos de produção, com custo aos produtores, contudo o acesso a mercados mais exigentes, ou até mesmo um aumento na produção, poderia fornecer retorno financeiro (LEITE et al., 2018).

De acordo com pesquisa publicada por Leite et al. (2018), a compensação financeira das certificações é insuficiente para as propriedades com baixa prevalência intra-rebanho, sendo apenas viável para aquelas de produção mais intensiva. Ainda assim, o presente estudo verificou a importância da integração dos rebanhos de menor nível tecnológicos no planejamento de controle da bTB, pois representam parcela significativa do total de

propriedades. Para sua inclusão no processo de certificação, seria necessário estabelecer políticas de compensação de custos adicionais, pois, atualmente, não é a melhor alternativa como controle da doença.

Este estudo traz uma perspectiva mais detalhada e abrangente sobre a epidemiologia da tuberculose bovina nas principais regiões leiteiras do Brasil, fornecendo uma base de conhecimento para direcionamento e priorização de políticas de vigilância e controle desta importante zoonose. A associação dos modelos de rebanho identificados com a presença da tuberculose também permite desenvolver estudos de impacto econômico e das medidas implantadas para mitigar os riscos relacionados à doença.

Referências

ACHA, P.N.; SZYFRES, B. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales: Bacteriosis y micosis. 3. ed. Washignton, D.C.: PAHO, 2003, v. I, 396p.

ANTUNES, J. L F.; Mirtes de, MORAES, M. de; BIAZEVIC, M. G. H.; WALDMAN, E. A.; CORRÊA, M. O. A. Tuberculose e leite: Elementos para a história de uma polêmica. História, Ciências, Saúde, Manguinhos, v. 9, n. 3, p. 609–623. 2002.

BARBIERI, J. M.; OLIVEIRA, L. F.; DORNELES, E. M. S.; MOTA, A. L. A. A.; GONÇALVES, V. S. P.; MALUF, P. P.; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA, F.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J. H. H.; HEINEMANN, M. B.; AMAKU, M.; LAGE, A. P. Epidemiological status of bovine tuberculosis in the state of Minas Gerais, Brazil, 2013. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3531-3548, 2016. Suplemento 2.

BARWINEK, F.; TAYLOR, N.M. Assessment of the socio-economic importance of bovine tuberculosis in Turkey and possible strategies for control or eradication. Turkish-German Animal Health Information Project. Ankara. 1996.

BERNUÉS A., MANRIQUE E. & MAZA M.T. Economic evaluation of bovine brucellosis and tuberculosis eradication programmes in a mountain area of Spain. *Prev. Vet. Med.* 30:137-149, 1997.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT): Manual técnico. Brasília, 2006. 184p.

BROTZMAN, R. L.; COOK, N.B.; NORDLUND, K.; BENNETT, T.B.; GOMEZ RIVAS, A.; DÖPFER, D. Cluster analysis of Dairy Herd Improvement data to discover trends in performance characteristics in large Upper Midwest dairy herds. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 5, p. 3059–3070, 2015.

CAMINITI, A.; PELONE, F.; BATTISTI, S.; GAMBERALE, F.; COLAFRANCESCO, R.; SALA, M.; LA TORRE, G.; DELLA MARTA, U; SCARAMOZZINO, P. Tuberculosis, brucellosis and leucosis in cattle: a cost description of eradication programmes in the region of Lazio, Italy. *Transbound. Emerg. Dis.*, 64 (5), p. 1493–1504, 2016.

COSIVI, O.; GRANGE, J.M.; DABORN, C.J.; RAVIGLIONE, M.C.; FUJIKURA, T.; COUSINS, D.; ROBINSON, R.A.; HUCHZERMEYER, H.F.; DE KANTOR, I.; MESLIN, F.X. Zoonotic tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in developing countries. *Emerg. Infect. Dis.* 4, p. 59–70, 1998.

DEAN, A.G.; DEAN, J.A.; COLOMBIER, D. et al. Epi-Info, version 6: A Word processing database and statistics program for epidemiology on microcomputers. Atlanta: CDC, 1994. 601p.

DIAS, R. A.; ULLOA-STANOJLOVIC, F. M.; BELCHIOR, A. C.; FERREIRA, R. S.; GONÇALVES, R. C.; AGUIAR, R. S. C. B.; SOUSA, P. R.; SANTOS, A. M. A.; FERREIRA, M. A.; FERREIRA, F.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J. H. H.; GONÇALVES, V. S. P.; HEINEMANN, M. B.; NETO, J. S. F. Prevalence and risk factors for bovine tuberculosis in the state of São Paulo, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 37, n. 5, p. 3673-3684, 2016. Suplemento 2.

DOHOO, I.; MARTIN, W.; STRYHN, H. *Veterinary epidemiologic research*. 2nd ed. Charlottetown: University of Prince Edward Island, p. 865, 2010.

GRIFFIN J.M., MARTIN S.W., THORBURN M.A., EVES J.A., HAMMOND R.F. A case-control study on the association of selected risk factors with the occurrence of bovine tuberculosis in the Republic of Ireland, *Prev. Vet. Med.* 27: 75–87, 1996.

GRIFFIN J.M., HAHESY T., LYNCH K., SALMAN M.D., MCCARTHY J., HURLEY T., The association of cattle husbandry characteristics, environmental factors and farmer characteristics with the occurrence of chronic bovine tuberculosis in dairy herds in the Republic of Ireland, *Prev. Vet. Med.* 17:145–160, 1993.

HOMEM, V.S.F.; Brucelose e tuberculose bovinas no município de Pirassununga, SP: prevalências, fatores de risco e estudo econômico. São Paulo: USP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2003. 101. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária).

HOSMER, D. W. J.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. X. Applied logistic regression. 3th ed. New Jersey: Wiley, 2013. 500 p.

HUMBLET, M.; BOSCHIROLI, M.; SAEGERMAN, C. Classification of worldwide bovine tuberculosis risk factors in cattle: a stratified approach. Vet. Res., v.40, p.50, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: 2017. Disponível em <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em 11 de setembro de 2021.

KANTOR, I.N.; ÁLVAREZ, E. Bovine tuberculosis in Latin America and the Caribbean. Martines, Argentina: Pan American Zoonoses Center, 1991. 48p. (Special Publication n.10)

KEARNEY, M. W. (in press). Cramér's V. In M. R. Allen (Ed.), The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods. Thousand Oaks, CA: Sage, 2017.

LEITE, B.; LÔBO, J.; MENDES RUAS, J.; FERREIRA, F.; GEEVERGHESE, C.; LEÃO FREITAS, M.; GONCALVES, V. Economic analysis of the policy for accreditation of dairy farms free of bovine brucellosis and tuberculosis: challenges for small and large producers in Brazil. Journal of Agricultural Economics, v. 69, n° 1, p. 262 – 276, 2018.

MORE, S. J.; RADUNZ, B.; GLANVILLE, J. Lessons learned during the successful eradication of bovine tuberculosis from Australia. Veterinary Record, v.177, n. 9, p. 224-232, 2015. GLANVILLE, J. Lessons learned during the successful eradication of bovine tuberculosis from Australia. Veterinary Record, v.177, n. 9, p. 224-232, 2015.

MULTICOLLINEARITY: Problem, Detection and Solution. Analyticsvidhya, 2021. Disponível em: <<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/02/multicollinearity-problem-detection-and-solution/>>. Acesso em: 29 de Novembro de 2022.

OIE – WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH. Panorama 2019-1: Eradication of bovine tuberculosis: a One Health issue, OIE Bulletin 1, v.2019, p. 1-2, 2019. Disponível em: <<https://oiebulletin.fr/wp-content/uploads/bulletins/panorama-2019-1-en.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2021.

QUEIROZ, M. R.; GROFF, A. C. M.; SILVA, N. S.; GRISI-FILHO, J. H. H.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA, F. Epidemiological status of bovine tuberculosis in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3647-3658, 2016. Suplemento 2.

RANGANATHAN, P.; PRAMESH, C.S.; AGGARWAL, R. Common pitfalls in statistical analysis: Logistic regression. Perspect Clin Res, v. 8, n° 3, p. 148 – 151, 2017.

ROCHA, W. V.; JAYME, V. S.; MOTA, A. L. A. A.; BRITO, W. M. E. D.; PIRES, G. R. C.; GRISI-FILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P. Prevalence and herd-level risk factors of bovine tuberculosis in the State of Goiás, Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3625-3628, 2016. Suplemento 2.

RODRIGUES, D. L.; AMORIM, E.A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M. BAQUERO, O.S.; DE HILDEBRAND E GRISI FILHO, J.H.; DIAS, R.A.; HEINEMANN, M.B; TELLES, E.O.; GONÇALVES, V.S.P.; COMPTON, C.; FERREIRA NETO, J.S. Apparent prevalence and risk factors for bovine tuberculosis in the state of Paraná, Brazil: an assessment after 18 years since the beginning of the Brazilian program. Tropical Animal Health and Production, v. 54, n. 6, p. 360, 24 dez. 2022.

RUSHTON, J. The Economics of Animal Health and Production. 1ª Ed. Oxfordshire, CAB International. 2009.

SANTOS, R.L.; ALESSI, A.C. Patologia Veterinária. São Paulo: Roca LTDA, 2010. 892p.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6913> >. Acesso em: 15 de Agosto de 2022.

SILVA, M. C. P.; GONÇALVES, V. S. P.; MOTA, A. L. A. A.; KOLODA, M.; FERREIRA NETO, J. S.; GRISIFILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M. B.; ALFIERI, A. A.; MULLER, E. E. Prevalence and herd-level risk factors for bovine tuberculosis in the state of Paraná, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3611-3624, 2016. Suplemento 2.

SKUCE, R. A.; ALLEN, A. R.; McDOWELL, W. J. Herdlevel risk factors for bovine tuberculosis: a literature review. *Veterinary Medicine International*, New York, v. 2012, n. x, p. 1-10, 2012.

SRINIVASAN, S.; EASTERLING, L.; RIMAL, B.; NIU, X. M.; CONLAN, A. J. K.; DUDAS, P.; KAPUR, V. Prevalence of Bovine Tuberculosis in India: A systematic review and meta-analysis. *Transboundry and Emerging Diseases*, v. 65, n. 6, p. 1627-1640, 2018.

STATA CORP. 2021. *Stata Statistical Software: Release 17*. College Station, TX: StataCorp LLC.

THIES, V. F.; SCHNEIDER, E. P.; MATTE, A. Trajetórias familiares na pecuária leiteira no sul do Brasil: entre a especialização e o fim da atividade. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 61, n. 4, 2023.

VELOSO, F. P.; BAUMGARTEN, K. D.; MOTA, A. L. A. A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GRISI-FILHO, J. H. H.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; HEINEMANN, M. B.; GONÇALVES, V. S. P. Prevalence and herd-level risk factors of bovine tuberculosis in the State of Santa Catarina, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3659-3672, 2016. Suplemento 2.

VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. *Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite, 2017.

Tabela 1. Censo agropecuário dos estabelecimentos que produziram leite de vaca nos seis maiores estados produtores de leite, agrupados por circuitos produtores.

Estados	Estratos	Propriedades produtoras de leite	
		População	Amostradas
Goiás			
	1	15886	140
	2	27526	232
	3	28941	202
Minas Gerais			
	1	43593	188
	2	21395	266
	3	54347	326
	4	28800	252
	5	36570	229
	6	19866	231
	7	11889	221
São Paulo			
	1	10927	118
	2	7883	167
	3	6100	146
	4	3187	122
	5	4062	128
	6	3922	116
	7	4839	173
Paraná			
	1	7944	146
	2	5871	133
	3	12867	133
	4	16551	141
	5	13330	180
	6	9370	137
	7	21130	192

Santa Catarina

1	5332	103
2	9765	173
3	41272	294
4	4235	166
5	10447	229

Rio Grande do Sul

1	11464	58
2	6124	24
3	15915	62
4	48508	130
5	14764	95
6	30574	94
7	2528	55

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 2. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado de Goiás, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	33	3745	0,00	-
2	3	45	5339	6,67	[2,16 – 18,77]
3	0	44	6304	0,00	-
Total			15388	2,31	[0,75 – 7,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 3. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado de Goiás, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	86	9759	0,00	-
2	9	106	12577	8,49	[4,46 – 15,53]
3	2	113	16190	1,77	[0,44 – 6,8]
Total			38525	3,52	[2,0 – 6,22]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 4. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado de Goiás, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	13	1475	0,00	-
2	4	32	3797	12,50	[4,7 – 29,00]
3	0	14	2006	0,00	-
Total			7278	6,52	[2,46 – 16,13]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 5. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado de Goiás, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	8	908	0,00	-
2	9	49	5814	18,37	[10,0 – 31,7]
3	1	31	4441	3,23	[0,45 – 19,7]
Total			11163	10,85	[6,0 – 19,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 6. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado de Minas Gerais, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	66	15304	0,00	-
2	0	41	3298	0,00	-
3	2	101	16838	1,98	[0,5 – 7,6]
4	0	63	7200	0,00	-
5	4	69	11019	5,80	[2,18 – 14,47]
6	0	58	4988	0,00	-
7	1	32	1721	3,13	[4,36 – 19,2]
Total			60368	1,70	[0,08 – 3,6]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 7. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado de Minas Gerais, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	2	102	23652	1,96	[0,5 – 7,5]
2	4	195	15684	2,05	[0,77 – 5,34]
3	6	125	20839	4,80	[2,17 – 10,3]
4	6	135	15429	4,44	[2,00 – 9,54]
5	8	96	15331	8,33	[4,22 – 15,8]
6	3	48	4128	6,25	[2,03 – 17,7]
7	6	109	5864	5,50	[2,5 – 11,73]
Total			100925	4,29	[3,0 – 6,06]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 8. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado de Minas Gerais, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	1	13	3014	7,69	[1,06 – 39,2]
2	0	11	885	0,00	-
3	10	73	12170	13,70	[7,52 – 23,64]
4	2	40	4571	5,00	[1,25 – 18,0]
5	6	56	8943	10,71	[5,00 – 22,0]
6	3	62	5332	4,84	[1,56 – 14,0]
7	3	36	1937	8,33	[2,7 – 23,0]
Total			36852	9,5	[6,4 – 14,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 9. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado de Minas Gerais, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	1	7	1623	14,29	[2,0 – 58,2]
2	1	19	1528	5,26	[0,07 – 30,0]
3	3	27	4501	11,11	[3,6 – 30,0]
4	3	14	1600	21,43	[7,0 – 50,0]
5	1	8	1278	12,50	[1,7 – 54,0]
6	4	63	5418	6,35	[2,4 – 15,7]
7	3	44	2367	6,82	[2,2 – 19,15]
Total			18315	9,94	[6,0 – 16,2]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 10. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado de São Paulo, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	26	2408	0,00	-
2	5	63	2974	7,94	[3,33 – 17,7]
3	2	94	3927	2,13	[0,53 – 8,14]
4	11	85	2220	12,94	[7,31 [7,3 – 22,0]
5	12	82	2602	14,63	[8,5 – 24,07]
6	6	80	2705	7,50	[3,4 – 15,75]
7	6	96	2685	6,25	[2,82 – 13,24]
Total			19522	6,96	[5,14 – 9,34]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 11. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado de São Paulo, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	10	74	6853	13,51	[7,4 – 23,38]
2	12	80	3776	15,00	[8,7 – 24,6]
3	6	38	1588	15,79	[7,25 – 31,00]
4	6	23	601	26,09	[12,17 – 47,33]
5	5	26	825	19,23	[8,2 – 38,8]
6	0	29	981	0,00	-
7	7	51	1427	13,73	[6,7 – 26,14]
Total			16049	14,05	[10,33 – 19,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 12. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado de São Paulo, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	2	17	1574	11,76	[3,0 – 37,0]
2	5	20	944	25,00	[10,8 – 48,0]
3	5	10	418	50,00	[22,37 – 77,6]
4	4	11	287	36,36	[14,26 – 66,24]
5	8	18	571	44,44	[24,0 – 67,0]
6	0	7	237	0,00	-
7	7	18	503	38,89	[19,74 – 62,21]
Total			4535	26,12	[18,21 – 36,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 13. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado de São Paulo, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	1	1	93	100,00	-
2	1	4	189	25,00	[3,3 – 76,34]
3	2	4	167	50,00	[12,26 – 87,73]
4	2	3	78	66,67	[15,21 – 95,7]
5	1	2	63	50,00	[6,0 – 94,17]
6	-	-	-	-	-
7	2	8	224	25,00	[6,3 – 62,4]
Total			814	44,62	[24,31 – 67,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 14. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado do Paraná, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	27	1469	0,00	-
2	0	54	2384	0,00	-
3	1	43	4160	2,33	[0,24 – 14,84]
4	1	49	5752	2,04	[0,28 – 13,2]
5	0	58	4295	0,00	-
6	0	105	7181	0,00	-
7	0	37	4072	0,00	-
Total			29313	0,73	[0,02 – 3,0]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 15. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado do Paraná, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	2	39	2122	5,13	[1,3 – 18,4]
2	3	34	1501	8,82	[3,00 – 24,13]
3	0	33	3193	0,00	-
4	2	24	2817	8,33	[2,1 – 28,0]
5	0	14	1037	0,00	-
6	0	6	410	0,00	-
7	0	16	1761	0,00	-
Total			12841	3,71	[1,64 – 8,13]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 16. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado do Paraná, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	3	66	3591	4,55	[1,46 – 13,21]
2	2	32	1413	6,25	[15,6 – 22,0]
3	1	46	4450	2,17	[0,3 – 14,0]
4	2	45	5282	4,44	[1,1 – 16,18]
5	2	80	5924	2,50	[0,62 – 9,5]
6	1	16	1094	6,25	[8,66 – 33,71]
7	2	98	10785	2,04	[0,5 – 7,82]
Total			32540	3,13	[1,76 – 5,5]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 17. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado do Paraná, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	14	762	0,00	-
2	0	13	574	0,00	-
3	0	11	1064	0,00	-
4	1	23	2700	4,35	[0,6 – 25,36]
5	4	28	2074	14,29	[5,45 – 32,51]
6	1	10	684	10,00	[1,37 – 47,0]
7	0	41	4512	0,00	-
Total			12369	3,90	[1,73 – 8,53]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 18. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado de Santa Catarina, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	71	3675	0,0	-
2	0	133	7507	0,0	-
3	0	71	9967	0,0	-
4	0	118	3010	0,0	-
5	0	174	7938	0,0	-
Total			32098	0,0	-

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 19. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado de Santa Catarina, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	8	414	0,0	-
2	0	6	339	0,0	-
3	0	19	2667	0,0	-
4	0	8	204	0,0	-
5	0	15	684	0,0	-
Total			4308	0,0	-

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 20. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado de Santa Catarina, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	21	1087	0,0	-
2	1	19	1072	5,3	[0,7 – 29,5]
3	1	168	23584	0,6	[0,08 – 4,11]
4	1	26	663	3,8	[0,5 – 23,0]
5	0	35	1597	0,0	-
Total			28004	0,79	[0,02 – 3,02]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 21. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado de Santa Catarina, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	3	155	0,0	-
2	0	15	847	0,0	-
3	2	36	5054	5,6	[14,0 – 19,71]
4	1	14	357	7,1	[1,0 – 37,2]
5	0	5	228	0,0	-
Total			6641	4,61	[1,3 – 15,2]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 22. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e sem venda de leite do estado do Rio Grande do Sul, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e sem venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	27	5337	0,00	-
2	0	12	3062	0,00	-
3	0	34	8728	0,00	-
4	0	39	14552	0,00	-
5	1	53	8237	1,89	[0,26 – 12,32]
6	2	55	17889	3,64	[0,9 – 13,5]
7	2	47	2160	4,26	[1,05 – 15,65]
Total			59965	1,50	[0,05 – 4,3]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 23. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva sem ordenha mecânica e com venda de leite do estado do Rio Grande do Sul, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades sem ordenha mecânica e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	14	2767	0,00	-
2	0	8	2041	0,00	-
3	0	4	1027	0,00	-
4	0	8	2985	0,00	-
5	0	7	1088	0,00	-
6	1	4	1301	25,00	[3,31 – 76,44]
7	1	6	276	16,67	[2,23 – 63,6]
Total			11485	3,23	[0,05 – 16,25]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 24. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite do estado do Rio Grande do Sul, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	1	12	2372	8,33	[1,13 – 41,76]
2	0	4	1021	0,00	-
3	1	17	4364	5,88	[0,8 – 32,4]
4	3	59	22015	5,08	[1,64 – 14,67]
5	2	21	3264	9,52	[2,37 – 31,3]
6	3	20	6505	15,00	[4,9 – 37,74]
7	0	2	92	0,00	-
Total			39632	7,22	[4,0 – 13,22]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Tabela 25. Prevalência de rebanho da amostra, para a tipologia produtiva com ordenha mecânica em sala de ordenha e com venda de leite do estado do Rio Grande do Sul, agrupada por circuitos produtores.

Estratos	Propriedades com ordenha mecânica ao pé e com venda de leite				
	Nº de rebanhos positivos	Nº de rebanhos amostrados	Rebanhos da tipologia ⁽ⁱ⁾	Prevalência da amostra (%)	IC 95% (%)
1	0	5	988	0,00	-
2	-	-	-	-	-
3	0	7	1797	0,00	-
4	2	24	8955	8,33	[2,1 – 28,0]
5	1	14	2176	7,14	[1,0 – 37,3]
6	1	15	4879	6,67	[1,0 – 35,45]
7	-	-	-	-	-
Total			18795	6,53	[2,36 – 16,74]

⁽ⁱ⁾ População calculada proporcionalmente ao encontrado na amostra

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017