MAURO RIEGERT BORBA

**Caracterização epidemiológica da brucelose bovina
no estado do Maranhão**

São Paulo

2012

MAURO RIEGERT BORBA

Caracterização epidemiológica da brucelose bovina no estado do Maranhão

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências

Departamento:

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal

Área de concentração:

Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo Augusto Dias

São Paulo

2012

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.2529
FMVZ

Borba, Mauro Riegert
Caracterização epidemiológica da brucelose bovina no estado do Maranhão /
Mauro Riegert Borba.-- 2012.
81 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e
Saúde Animal, São Paulo, 2012.

Programa de Pós-Graduação: Epidemiologia Experimental Aplicada às
Zoonoses.

Área de concentração: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Dias.

1. Brucelose. 2. Bovinos. 3. Controle. 4. Epidemiologia. 5. Maranhão. I. Título.

PARECER DO COMITÊ DE BIOÉTICA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Caracterização de situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Maranhão", protocolado sob o nº 1948/2010, não utilizando animais, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Ricardo Augusto Dias, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 30/06/2010.

We certify that the Research "Epidemiological characterization of bovine brucellosis in Maranhão State", protocol number 1948/2010, under the responsibility Prof. Dr. Ricardo Augusto Dias, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 06/30/2010.

São Paulo, 01 de julho de 2010

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, nº87
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
São Paulo/SP – Brasil
05508-270

Fax: +55 11 3032-2224 / 3091-7757
Fone: + 55 11 3091-7671/7676
E-mail: fmvz@usp.br
<http://www.fmvz.usp.br>

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: Mauro Riegert Borba

Título: Caracterização epidemiológica da brucelose bovina no estado do Maranhão

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título de
Doutor em Ciências

Data: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

La utopía está en el horizonte.
Me acerco dos pasos, ella se aleja dos pasos.
Camino diez pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá.
Por mucho que yo camine, nunca la alcanzaré.
¿Para que sirve la utopía?
Para eso sirve: para caminar.

Fernando Birri

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo carinho e paciência.

À Hytha pela atenção, companheirismo e palavras de incentivo.

Aos bons amigos que perto ou longe continuam sendo bons amigos.

Ao orientador, Professor Doutor Ricardo Augusto Dias pela amizade e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Prof. Dr. Marcos Amaku, Fernando Ferreira e José Soares Ferreira Neto pela disposição em auxiliar e ensinar.

Ao Prof. Dr. Vitor Salvador Picão Gonçalves pela disposição em auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mark Stevenson pela amizade e ensinamentos durante o período de estágio na Massey University.

Aos amigos do Laboratório de Epidemiologia e Bioestatística (LEB) e do EpiCentre - Massey University.

Aos colegas, funcionários e professores do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal (VPS) e da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) pela convivência e ensinamentos.

À Médica Veterinária Mestre Sonizethe Silva Santana e demais técnicos da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED) pela realização da etapa de coleta de dados e disponibilidade em repassar informações necessárias para a conclusão deste trabalho.

Aos produtores rurais do estado do Maranhão que aceitaram participar deste estudo e concederam parte de seu tempo para responder ao questionário epidemiológico. Espero que os resultados gerados possam ser aplicados no campo, auxiliando de alguma forma na redução do impacto socioeconômico da brucelose nas propriedades produtoras de bovinos no estado.

Ao Médico Veterinário Mestre José Ricardo Lôbo e demais funcionários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) envolvidos neste trabalho, pela disponibilidade em auxiliar e autorização para o uso do banco de dados durante o período de estágio na Massey University.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

RESUMO

BORBA, M. R. **Caracterização da brucelose bovina no estado do Maranhão**. [Characterization of bovine brucellosis in Maranhão State]. 2012. 81 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

O presente trabalho é resultado de uma parceria entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão, a Universidade de São Paulo e a Universidade de Brasília, fazendo parte das atividades do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal. Realizou-se um estudo do tipo transversal para estimar a prevalência da brucelose bovina em animais e propriedades no Maranhão e em quatro circuitos produtores de bovinos, oriundos da divisão do estado. Em cada propriedade selecionada para o estudo, foram aleatoriamente coletadas amostras de soro de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses, assim como, foi aplicado um questionário epidemiológico objetivando caracterizar os tipos de criação de bovinos e determinar os fatores de risco associados à ocorrência da doença no Maranhão. No total foram amostradas 749 propriedades e 6.779 animais. As coordenadas geográficas de cada propriedade foram coletadas para identificação da distribuição espacial das propriedades positivas e de áreas geográficas onde medidas de controle da doença devem ser preferencialmente implementadas. A prevalência de propriedades positivas com, ao menos um animal reagente, foi estimada em 11,42% (9,23 - 14,06%) e a prevalência de animais soropositivos foi de 2,52% (1,73 - 3,65%). Diferenças significativas de prevalência foram observadas entre o circuito produtor 2 e os demais circuitos. As variáveis: rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses, aluguel de pastos de/para terceiros e presença de áreas alagadiças na propriedade, foram identificadas como fatores de risco para a ocorrência de brucelose no estado. Exploração de corte foi identificada como um fator protetor da doença. A performance do modelo final de fatores de risco, analisada através da área sob a curva ROC, apresentou um valor igual a 0,73, o que significa dizer que a ocorrência de focos da doença é também influenciada por outros elementos não incluídos na análise de fatores de risco. A distribuição de brucelose bovina foi estudada através de análises espaciais de prevalência e efeitos de primeira e segunda ordem. Observou-se uma distribuição heterogênea de focos da doença no estado, com destaque para áreas no centro e nas fronteiras leste e noroeste. Pequenas evidências de efeitos de segunda ordem foram observados na escala de 0 a 10 km. A análise de efeitos de primeira ordem, através dos resíduos do modelo de regressão logística, identificou áreas de maior risco da doença, principalmente no centro do estado, onde a presença de brucelose bovina não foi totalmente explicada pelo modelo de fatores de risco. Maior atenção deva ser preferencialmente prestada a esta área, onde investigações epidemiológicas e intervenções de controle da doença devem ser implementadas.

Palavras-chave: Brucelose. Bovinos. Controle. Epidemiologia. Epidemiologia espacial. Maranhão.

ABSTRACT

BORBA, M. R. **Characterization of bovine brucellosis in Maranhão State.** [Caracterização da brucelose bovina no estado do Maranhão]. 2012. 81 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

The present work is the result of a partnership among the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, the Animal Health State Agency of Maranhão, the University of São Paulo and the University of Brasília, becoming part of the activities of the National Program to Control and Eradicate Animal Brucellosis and Tuberculosis. A cross-sectional study was conducted to estimate the prevalence of bovine brucellosis in animals and farms in Maranhão State and four cattle production circuits, from the arbitrary division of the State. In each farm selected for the study, serum samples were randomly collected from cows aged 24 months or more, as well as an epidemiological questionnaire was applied aiming to characterize the types of cattle production systems and to determine the risk factors associated with occurrence of the disease in Maranhão. In total 749 farms and 6,779 animals were surveyed. Geographic coordinates of each farm were collected for identification of the spatial distribution of positive farms and identification of geographic areas where disease control measures should preferably be implemented. The prevalence of positive farms with at least one reagent animal, was estimated at 11.42% (9.23 - 14.06%) and the prevalence of seropositive animals was 2.52% (1.73 - 3.65%). Significant differences in prevalence were observed among the circuit number 2 and the others. The variables: cattle herd over 54 cows aged 24 months or more, rent pasture from/to third parties and presence of wetlands on the farm were identified as risk factors for the occurrence of brucellosis in the State. Beef herd was identified as a protective factor of the disease. The performance of the final model of risk factors, analyzed by the area under the ROC curve, was 0.73, which means that the occurrence of disease outbreaks is also influenced by other factors not included in the risk factors analysis. The distribution of bovine brucellosis was studied beyond spatial analysis of prevalence and first and second order effects. An heterogeneous distribution of disease outbreaks in the State was observed, especially some areas in central and eastern and northwestern borders. Little evidence of second order effects were observed on a scale of 0 to 10 km. The analysis of first-order effect, through the residues of the logistic regression model, identified areas of greatest risk of disease, especially in the center of the State, where the presence of bovine brucellosis has not been fully explained by the risk factors model. Greater attention should preferably be paid to this area, where epidemiological investigations and disease control interventions should be implemented.

Keywords: Brucellosis. Cattle. Control. Epidemiology. Spatial epidemiology. Maranhão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados censitários da população bovina no estado do Maranhão em 2005, segundo os circuitos produtores	39
Tabela 2 - Frequências das variáveis qualitativas nos circuitos produtores de bovinos e no estado do Maranhão	40
Tabela 3 - Mediana e intervalo interquartil das variáveis quantitativas nos circuitos produtores e no estado do Maranhão	49
Tabela 4 - Prevalência aparente de propriedades positivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado do Maranhão.....	52
Tabela 5 - Prevalência aparente (PA) de propriedades positivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores, estratificada por tipo de exploração	52
Tabela 6 - Prevalência aparente de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses soropositivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado do Maranhão	52
Tabela 7 - Análise univariada de fatores de risco para a brucelose em rebanhos bovinos com atividade reprodutiva no estado do Maranhão	53
Tabela 8 - Modelo final de regressão logística multivariada de fatores de risco (<i>odds ratio</i>) para a brucelose em rebanhos bovinos com atividade reprodutiva no estado do Maranhão	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidades federativas brasileiras e seus respectivos tipos de bioma. Em destaque o estado do Maranhão	15
Figura 2 - Exemplo de curva ROC com área sob a curva igual a 1	31
Figura 3 - Exemplo de estimador de densidade de kernel.....	33
Figura 4 - Exemplo de semivariograma experimental.....	36
Figura 5 - Estado do Maranhão estratificado em quatro circuitos produtores de bovinos	39
Figura 6 - Curva ROC para o modelo final de fatores de risco no estado do Maranhão	54
Figura 7 - Tipos de sistema de exploração nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	55
Figura 8 - Tipos de sistema de criação nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	55
Figura 9 - Utilização de inseminação artificial (IA) nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	56
Figura 10 - Realização de vacinação contra a brucelose nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	56
Figura 11 - Presença de equinos nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	56
Figura 12 - Presença de animais silvestres nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	56
Figura 13 - Realiza compra de animais reprodutores nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	57
Figura 14 - Local de abate de animais reprodutores nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	57
Figura 15 - Aluguel de pastos de/para terceiros nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	57
Figura 16 - Presença de áreas alagadiças nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	57
Figura 17 - Presença de piquetes de parição nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	58
Figura 18 - Presença de assistência veterinária nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	58
Figura 19 - Número total de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor.....	58
Figura 20 - Tamanho do rebanho nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor	58
Figura 21 - Condição sanitária das propriedades criadoras de bovinos amostradas no Maranhão, por circuito produtor	59
Figura 22 - Variação espacial da prevalência da brucelose em rebanhos bovinos no Maranhão (número de rebanhos positivos por mil rebanhos por Km ²). O contorno preto no limite noroeste do estado mostra uma área de significativo excesso da doença ($P < 0,05$).....	59
Figura 23 - (a) Semivariograma omnidirecional dos resíduos do modelo de regressão logística (RL). Pontos localizados fora dos envelopes de simulação indicam a presença de autocorrelação espacial entre rebanhos bovinos amostrados no Maranhão. (b) Variação espacial dos resíduos do modelo de RL. Sinais positivos correspondem a áreas onde o número de focos de brucelose foi superior ao previsto pelo modelo. Sinais negativos são áreas onde o número de focos da doença foi menor do que o previsto pelo modelo	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de vacas em lactação e produção de leite (litros) nas propriedades amostradas no estado do Maranhão, respectivamente, por circuito produtor	50
Gráfico 2 - Número de fêmeas bovinas de 0 a 6 e de 6 a 12 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor	50
Gráfico 3 - Número de fêmeas bovinas de 12 a 24 e ≥ 24 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor	50
Gráfico 4 - Número de machos bovinos de 0 a 6 e de 6 a 12 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor	51
Gráfico 5 - Número de machos bovinos de 12 a 24 e ≥ 24 meses de idade, respectivamente, por circuito produto	51
Gráfico 6 - Número de machos bovinos castrados, por circuito produtor	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
$\geq$	Igual ou superior a
$<$	Inferior a
%	Porcentagem
AGED	Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
km	Quilômetros
km^2	Quilômetros quadrados
MA	Maranhão
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
n	Número de ocorrências
OIE	Organização Mundial de Saúde Animal
OR	<i>Odds ratio</i>
P	Probabilidade de ocorrência ao acaso
PEA	População economicamente ativa
PIB	Produto Interno Bruto
PNCEBT	Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal
R\$	Reais
UnB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo
US\$	Dólares estado-unidenses

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 ESTADO DO MARANHÃO	15
1.2 BRUCELOSE BOVINA	17
1.3 JUSTIFICATIVAS PARA O CONTROLE DA BRUCELOSE BOVINA	20
2 OBJETIVOS	24
2.1 GERAIS	24
2.2 ESPECÍFICOS	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 PLANEJAMENTO DO ESTUDO E COLETA DE DADOS	26
3.1.1 Delineamento amostral	26
3.1.2 Coleta de dados	27
3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	28
3.2.1 Caracterização epidemiológica	28
3.2.2 Cálculos de prevalência	29
3.2.3 Análise de fatores de risco	30
3.3 ANÁLISES ESPACIAIS	32
3.3.1 Análise descritiva	32
3.3.2 Análise de prevalência	33
3.3.3 Análise de efeitos de primeira e segunda ordem	35
4 RESULTADOS	39
4.1 CIRCUITOS PRODUTORES	39
4.2 CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DOS CIRCUITOS PRODUTORES	40
4.2.1 Variáveis qualitativas	40
4.2.2 Variáveis quantitativas	49
4.3 CÁLCULOS DE PREVALÊNCIA	52
4.4 ANÁLISE DE FATORES DE RISCO	53
4.5 ANÁLISES ESPACIAIS	55
4.5.1 Análise descritiva	55
4.5.2 Análise de prevalência	59
4.5.3 Análise de efeitos de primeira e segunda ordem	60
5 DISCUSSÃO	62
6 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72
ANEXO	80

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESTADO DO MARANHÃO

O Maranhão é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado na região Nordeste do país, tendo como limites geográficos o Oceano Atlântico a norte, o estado do Piauí a leste, o estado do Tocantins a sudoeste e o estado do Pará a oeste (IBGE, 2011). O território do Maranhão é constituído por dois tipos principais de bioma: áreas de floresta amazônica e áreas de cerrado (Figura 1). Por sua posição geográfica, constitui-se em uma área de transição climática com características da região amazônica a noroeste, da região Nordeste a norte e do Brasil central nas áreas a sul e sudoeste. Como consequência, o noroeste do Maranhão apresenta um índice pluviométrico próximo ao da Amazônia e maior quantidade de campos inundáveis, em relação às demais áreas do estado (BRASIL, 2001).

Figura 1 - Unidades federativas brasileiras e seus respectivos tipos de bioma. Em destaque o estado do Maranhão

O Maranhão ocupa uma área de 331.935,507 quilômetros quadrados (km²), com uma população estimada de 6.569.683 pessoas distribuídas em 217 municípios (IBGE, 2011). Corresponde a 4ª economia do Nordeste e a 16ª do Brasil, tendo um Produto Interno Bruto (PIB) próximo dos 28 bilhões de reais (IBGE, 2011). Todavia, o estado ainda é assolado por graves problemas políticos e sociais, que culminam em um dos piores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) dentre os estados brasileiros, somente superior ao de Alagoas (BCB, 2009).

O estado conta com a pior média de escolaridade, em anos de estudo, do país; 83 das 100 cidades brasileiras com menor renda *per capita* são maranhenses; e, a taxa de mortalidade infantil é somente inferior à de Alagoas (DÓRIA, 2009). Parte deste cenário é explicada pela frágil base produtiva e pela instabilidade econômica do Maranhão ao longo das últimas décadas, processo que foi agravado nos anos de 1990, levando a uma acelerada ampliação do desemprego e ao aumento da violência, da exclusão social, do êxodo rural e da pressão sobre os serviços públicos do governo (HOLANDA, 2008). Contudo, a condição socioeconômica de uma parcela significativa da população maranhense está intimamente ligada à distribuição de renda e terra, assim como, a decisões políticas que vem sendo tomadas nos últimos 50 anos, favorecendo a concentração de riqueza junto à elite local (MESQUITA, 2008; DÓRIA, 2009).

Mesmo com todos os problemas descritos, a economia do Maranhão (cujo perfil está voltado para a exploração e o comércio de *commodities*) apresentou no período de 2003 a 2010 uma taxa de crescimento acumulada maior que a média nacional (HOLANDA, 2011). Grande parte do crescimento da economia maranhense no período é explicado pela expansão das cotações das *commodities* agrícolas (principalmente a soja) e minerais (complexo alumínio/ferro/manganês, por exemplo) no mercado internacional, expansão do crédito (nas modalidades agrícola, consumo e imobiliária) e políticas de transferência de renda (como o Plano de Aceleração do Crescimento do Governo Federal) (MESQUITA, 2008; HOLANDA, 2011).

Apesar dos recentes investimentos econômicos ocorridos no estado, principalmente nas áreas de energia, logística, mineração, reflorestamento e transporte (HOLANDA, 2011), 20% do PIB maranhense está relacionado a atividades agrícolas e pecuárias. Estas atividades, envolviam no ano de 2006, 44,6% da população economicamente ativa (PEA) (HOLANDA, 2008) e correspondem a um dos mais importantes setores da economia estadual (MESQUITA, 2008). É importante salientar que a ocorrência de um elevado êxodo rural ao longo do período de 1985 a 2006, assim como, a adoção de políticas públicas que pouco privilegiaram a agricultura familiar e as atividades extrativistas, resultaram em importantes mudanças na estrutura de ocupação profissional no Maranhão, levando a uma redução de 25% na PEA relacionada ao setor agropecuário (HOLANDA, 2008). Atualmente, o setor terciário, em particular atividades ligadas ao comércio, continua sendo aquele que mais absorve mão de obra no estado (HOLANDA, 2008; MESQUITA, 2008).

Dentre as atividades ligadas à pecuária, a bovinocultura destaca-se como a principal atividade econômica do setor (BRASIL, 2001). No ano de 2010, o efetivo bovino no estado era composto por 6.979.844 animais. Trata-se do segundo maior do Nordeste, somente atrás do estado da Bahia, o que corresponde a 24% do efetivo bovino da região (IBGE, 2011). A criação de bovinos no Maranhão caracteriza-se por ser uma atividade extensiva, direcionada à produção de carne e com baixo padrão de investimentos tecnológicos (BRASIL, 2001). A maior parte da área destinada à bovinocultura está concentrada nos grandes estabelecimentos rurais. Todavia, propriedades de pequeno e médio porte concentram até 45% do efetivo bovino do estado (PORRO; MESQUITA; SANTOS, 2004). As regiões de Imperatriz e Pindaré (oeste do Maranhão) e, Alto e Médio Mearim e Porto Franco (centro do estado), destacam-se como importantes zonas produtoras de bovinos (BRASIL, 2001; PORRO; MESQUITA; SANTOS, 2004; MESQUITA, 2008). Nestas regiões, caracterizadas por propriedades rurais de maior tamanho, nota-se a presença de melhores pastagens, seleção de animais de melhor qualidade genética e a utilização de técnicas de manejo mais intensivas, como a inseminação artificial (BRASIL, 2001). O efetivo bubalino no Maranhão era, no ano de 2010, composto por 77.834 animais, sendo que a atividade é desenvolvida quase exclusivamente na região norte do estado em sistemas de criação extensiva (BRASIL, 2001; IBGE, 2011).

No que diz respeito à sanidade animal, dado do Censo Agropecuário de 1995-1996 revelou que à época somente 16,8% dos estabelecimentos no estado efetuavam controle de doenças em seus animais (BRASIL, 2001). Conforme o Censo Agropecuário de 2006, este número não ultrapassou 28,78% das propriedades rurais maranhenses (IBGE, 2006), fator que ainda limita o comércio de produtos de origem animal para outros estados brasileiros, bem como para a exportação, influenciando negativamente a balança comercial do Maranhão.

1.2 BRUCELOSE BOVINA

A brucelose é uma zoonose altamente contagiosa, de evolução preferencialmente crônica e distribuição mundial, causada por bactérias Gram-negativas pertencentes ao gênero *Brucella* (ACHA; SZYFRES, 2001). Atualmente são reconhecidas nove espécies: *Brucella abortus*, *B. canis*, *B. ceti*, *B. melitensis*, *B. microti*, *B. neotomae*, *B. ovis*, *B. pinnipedialis* e *B. suis* (ACHA; SZYFRES, 2001; CORBEL, 2006; FOSTER et al., 2007; SCHOLZ et al., 2008, OIE, 2011). Tais espécies caracterizam-se por estarem normalmente associadas a hospedeiros específicos ou preferenciais, sendo que sua capacidade de infecção estende-se a diferentes espécies de mamíferos, tanto domésticos quanto selvagens (ACHA; SZYFRES, 2001; CORBEL, 2006). Existem relatos de isolamento do agente infeccioso em aves e artrópodes (carrapatos). Todavia, estes animais não desempenham papel significativo na epidemiologia da doença (ACHA; SZYFRES, 2001).

Em humanos, a brucelose é um problema de saúde pública, que pode levar ao afastamento de pessoas infectadas de suas atividades produtivas, assim como, gerar custos relativos ao diagnóstico e ao tratamento (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006). A doença é causada, em ordem crescente de patogenicidade e grau de invasão, pelas espécies *B. canis*, *B. abortus*, *B. suis* (à exceção do biotipo 2) e *B. melitensis* (ACHA; SZYFRES, 2001; CORBEL, 2006). Relatos de infecção acidental e natural por *B. ceti* e *B. pinnipedialis*, cujos hospedeiros são espécies de mamíferos marinhos, demonstram o potencial zoonótico deste agente infeccioso (BREW et al., 1999; SOHN et al., 2003; MACDONALD et al., 2006). Por se tratar de uma doença que apresenta, principalmente em sua fase aguda, uma sintomatologia inespecífica e muito similar à observada em quadros de infecção generalizada (anorexia, dores de cabeça e musculares, fadiga, febre contínua e intermitente, perda de peso e sudorese noturna intensa), e cujo diagnóstico na fase crônica é difícil, acredita-se que a brucelose em humanos é uma doença mundialmente subdiagnosticada (SAURET; VILISSOVA, 2002; CORBEL, 2006).

Embora a difusão do processo de pasteurização do leite tenha sido um fator determinante na diminuição do número de casos observados da doença no homem (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006), a prevalência e o modo de transmissão da mesma apresentam variações conforme a área geográfica estudada, a presença de contato com reservatórios animais e seus respectivos subprodutos, e a existência de grupos ocupacionais com maior exposição ao risco de infecção (SAURET; VILISSOVA, 2002; CORBEL, 2006). Atualmente, infecções pelas brucelas, principalmente *B. abortus* e *B. suis*, são mais comumente observadas em grupos ocupacionais específicos, tais como veterinários, trabalhadores de fazendas, trabalhadores da indústria de laticínios, magarefes e laboratoristas (ACHA; SZYFRES, 2001; SAURET; VILISSOVA, 2002; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006; OIE, 2011).

Por se tratar de uma zoonose por excelência, diferentes autores concordam que a adoção de medidas de controle e erradicação da doença em populações animais resulta em efeitos positivos na redução da incidência da infecção em humanos (ACHA; SZYFRES, 2001; SAURET; VILISSOVA, 2002; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006).

Em bovinos, a brucelose é uma doença responsável por importantes perdas econômicas à exploração pecuária de corte e leite (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Classificada até o ano de 2005 como uma enfermidade da Lista B do Código Sanitário para Animais Terrestres da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), a brucelose bovina é uma doença transmissível com importante repercussão socioeconômica e de saúde pública nos países onde está presente, podendo causar um impacto negativo no comércio de animais e produtos de origem animal (OIE, 2011).

Oficialmente, a Austrália, Nova Zelândia, Japão, Israel, Canadá e parte dos países que compõem a Europa Central e do Norte são considerados territórios livres da doença (GODFROID; KÄSBOHRER, 2002; OIE, 2011). Em contrapartida, a brucelose bovina ainda ocorre em alguns países, em diferentes níveis de prevalência, principalmente naqueles com menores índices de desenvolvimento econômico (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; OIE, 2011) ou que apresentam suas economias em processo de transição. A brucelose bovina é causada pelos distintos biotipos da espécie *B. abortus* (NICOLETTI, 1980; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; OIE, 2011), sendo o biotipo 1 responsável por até 85% das infecções em bovinos (NICOLETTI, 1980; ACHA; SZYFRES, 2001). Embora menos frequente, a doença pode estar associada à infecção por *B. melitensis* e, ocasionalmente, por *B. suis* (ACHA; SZYFRES, 2001; OIE, 2011). Nestes casos, o principal fator de risco para a ocorrência da brucelose em bovinos é o compartilhamento de instalações e áreas para pastagem com caprinos e/ou ovinos infectados por *B. melitensis*, ou suínos contaminados por *B. suis* (ACHA; SZYFRES, 2001).

A doença compromete principalmente os sistemas reprodutivo e osteoarticular de bovinos, assim como, das demais espécies de ruminantes suscetíveis à infecção por *B. abortus*, como o búfalo doméstico, podendo ocasionar aborto no período entre o quinto e o nono mês de prenhez (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; OIE, 2011). As principais fontes de infecção da doença são o feto, a placenta e as descargas uterinas de uma ou mais vacas infectadas dentro de um rebanho, que por ocasião do aborto ou parto, e durante todo período puerperal, podem eliminar grandes quantidades da bactéria, contaminando áreas de pastagem, água, alimentos e fômites (NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). As transmissões do tipo transplacentária, através do leite de vacas infectadas e a partir do sêmen de machos contaminados também podem ocorrer (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

Além dos fatores relacionados ao agente (como o biotipo envolvido e o grau de virulência) e ao hospedeiro (estado imunitário e reprodutivo, idade, resistência individual e sexo), a difusão da brucelose apresenta importantes componentes ambientais (NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Segundo Crawford, Huber e Adams (1990), os componentes ambientais podem ser subdivididos naqueles que influenciam a transmissão da doença entre os rebanhos e naqueles que influenciam a transmissão dentro dos rebanhos.

Os principais fatores para a transmissão da doença entre rebanhos bovinos são: (i) movimentação de animais de rebanhos infectados para rebanhos livres, uma vez que o risco de introdução de animais infectados tende a aumentar com o aumento de movimentações, assim como, a partir de compras realizadas diretamente de outras propriedades ou comerciantes de gado; (ii) proximidade com rebanhos infectados; e (iii) presença de áreas onde exista acúmulo de água (CHRISTIE, 1969; KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; NICOLETTI, 1980; SALMAN; MEYER, 1984; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990).

Os fatores que influenciam a transmissão da brucelose dentro de rebanhos correspondem (i) ao nível de vacinação do rebanho (valores entre 65 a 80% de animais vacinados são considerados satisfatórios para uma redução significativa no número de reagentes); (ii) tamanho do rebanho (rebanhos maiores apresentam maior movimentação de animais e problemas sanitários quando comparados com rebanhos de menor tamanho, assim como, torna-se mais difícil identificar e isolar animais positivos); (iii) densidade populacional (áreas com maior densidade tendem a permitir um maior número de contatos entre os animais, aumentando as chances de interações complexas entre a população em risco); (iv) práticas de manejo intensivas, como a inseminação artificial; e (v) ausência de piquetes de parição (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; NICOLETTI, 1980; SALMAN; MEYER, 1984; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990).

Após o contato do agente infeccioso e um hospedeiro suscetível (mais comumente bovinos sexualmente maduros), principalmente através das mucosas oral ou nasal, as brucelas multiplicam-se no sítio de entrada e, fagocitadas no interior de macrófagos, disseminam-se por via hematogênica ou linfática para diferentes órgãos, como baço, fígado e linfonodos (ricos em células do sistema mononuclear fagocitário) (ACHA; SZYFRES, 2001). O fato da bactéria sobreviver por longos períodos dentro de macrófagos permite que a mesma não sofra a ação de anticorpos específicos e do sistema de complemento, favorecendo a ocorrência de infecção aguda e crônica (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

A presença de substâncias necessárias para o metabolismo da *B. abortus*, como o hidrato de carbono denominado eritritol, faz com que a bactéria tenha predileção por locais onde tal substância está presente em maior quantidade: testículos, epidídimo e vesícula seminal em touros; útero, glândula mamária e placenta (cuja concentração de eritritol aumenta a partir do quinto mês de prenhez) em vacas; e tecidos osteoarticulares em machos e fêmeas (NICOLETTI, 1980; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

Uma vez estabelecida a infecção pela bactéria, os animais podem desenvolver a doença, cuja caracterização clínica em vacas é dada pela ocorrência de aborto, nascimentos prematuros de terneiros, retenção de placenta e metrite. Em touros, os principais sintomas clínicos são a inflamação dos testículos, epidídimo e vesículas seminais, que podem causar a diminuição da libido e infertilidade. A ocorrência de artrite é mais rara, mas pode ocorrer (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; OIE, 2011).

O diagnóstico da brucelose bovina é feito através do diagnóstico clínico (baseado na apresentação dos sintomas específicos), epidemiológico (histórico do rebanho da propriedade e rebanhos vizinhos) e laboratorial (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Os testes laboratoriais podem ser diretos, objetivando o isolamento e identificação do agente infeccioso ou respectivo material genético (como o cultivo bacteriológico, a caracterização bioquímica, a imuno-histoquímica e a reação da polimerase em cadeia), ou indiretos, visando a detecção de anticorpos específicos (como os testes de soroprecipitação e imunoenzimáticos, teste do anel em leite, do antígeno acidificado tamponado, do 2-mercaptoetanol, de fixação do complemento e de polarização de fluorescência) (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006; OIE, 2011).

Os testes indiretos ou sorológicos, utilizados para a obtenção de diagnóstico presuntivo da doença, são amplamente empregados em muitos países devido a maior praticidade, menor custo e tempo para realização e, possibilidade de utilização em larga escala, como em estudos de prevalência e programas de controle e erradicação da doença (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; BRASIL, 2006; OIE, 2011).

O tratamento da brucelose em bovinos não é aconselhado (CORBEL, 2006). O controle da doença deve ser realizado através da aplicação de diferentes medidas que envolvem a orientação de proprietários e trabalhadores da fazenda; manejo adequado do rebanho; monitoramento sorológico; vacinação em massa de fêmeas com idade entre 3 e 8 meses (com as cepas vacinais B19 ou RB51, principalmente nas áreas de maior prevalência); e diagnóstico de animais, seguido de abate sanitário dos reagentes em estabelecimentos oficiais (NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006). A aplicação de indenização e/ou incentivos financeiros aos produtores pode revelar-se uma medida positiva para estimular a adesão a um programa de controle da doença (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

Outra medida eficaz no controle da brucelose corresponde a um rigoroso controle da movimentação de animais em regiões alvo de um programa de controle e erradicação, limitando a difusão da doença (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006). Uma vez que o risco de introdução de animais infectados aumenta em rebanhos onde a frequência de introdução ou reposição de animais é maior (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990), ou seja, a ocorrência da brucelose é maior nos rebanhos onde a reposição de animais é realizada a partir de fontes externas, em comparação a sistemas de criação fechada (GIL TURNES et al., 1975), é importante que uma propriedade livre da doença somente estabeleça relações comerciais com outra de igual situação sanitária (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Por fim, cabe ressaltar que o conhecimento dos fatores associados à brucelose bovina, assim como, seu nível de ocorrência são necessários para uma correta aplicação de estratégias de controle e erradicação da doença.

1.3 JUSTIFICATIVAS PARA O CONTROLE DA BRUCELOSE BOVINA

As justificativas para a implementação de medidas de controle da brucelose bovina estão associadas aos principais problemas relacionados à doença e anteriormente relatados: proteção da saúde pública e redução dos prejuízos econômicos causados, direta e indiretamente, pela presença da doença em propriedades criadoras de bovinos (CORBEL, 2006).

Os prejuízos ocasionados pela brucelose bovina estão relacionados à diminuição da produção de leite e carne no rebanho acometido; diminuição do valor de animais e seus respectivos subprodutos, provenientes de zonas endêmicas; perda de mercados consumidores potenciais; e custos provenientes de serviços médicos e do afastamento de humanos de sua função produtiva (NICOLETTI, 1980; GARCIA-CARRILO, 1987). As perdas na produção de leite, devido à interrupção da lactação por ocasião do aborto, e carne foram estimadas em 20 a 25% e 10 a 15%, respectivamente. Além disso, observam-se aumento de 30% da necessidade de reposição de animais; aumento do intervalo entre partos (11,5 para 20 meses); e perdas de 15% dos terneiros, devido ao abortamento, e de uma em cada cinco vacas que abortam por esterilidade (FARIA, 1984). Estes custos são normalmente superiores aos custos necessários para se organizar e executar medidas de controle da doença.

Não existem estimativas atualizadas das perdas econômicas causadas pela brucelose à exploração pecuária no país. Estudos realizados em 1971 e 1982 estimaram em aproximadamente US\$ 30 milhões o impacto econômico anual causado pela doença no Brasil (BRASIL, 1971; OIE, 1987). Homem (2003) verificou que os prejuízos econômicos provocados pela brucelose no município de Pirassununga, estado de São Paulo, geravam um impacto anual de mais de R\$ 132.000,00.

Os prejuízos causados pela doença e a possibilidade desta ser controlada, ou até mesmo erradicada, tem justificado a adoção de programas sanitários nacionais ao redor do mundo. Programas bem estruturados proporcionaram a erradicação da brucelose em países como a Austrália, Nova Zelândia e Canadá (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; OIE, 2011). Uma vez que os custos da implementação de um programa de controle da brucelose bovina no Brasil são elevados, o conhecimento da situação epidemiológica da doença é importante quando se pretende iniciar um programa de controle, pois permite definir as melhores estratégias a serem empregadas e evitar o desperdício de tempo e recursos, uma vez que as medidas adotadas podem diferir dependendo da frequência e do padrão de distribuição da brucelose (POESTER et al., 2009).

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), baseados em estudos realizados ao longo das últimas décadas nos estados brasileiros, apontam que a brucelose bovina e bubalina causada por *B. abortus* está presente em todo o país (POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; BRASIL, 2006). Contudo, dada a ausência de informações padronizadas sobre a situação da doença nas unidades federativas brasileiras e o anseio de grupos profissionais (produtores, setor agroindustrial, serviço de defesa sanitária animal, pesquisadores e acadêmicos) por estas informações, assim como, a necessidade da adoção de medidas de controle mais eficazes, o MAPA instituiu no ano de 2001 o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal (PNCEBT) (BRASIL, 2006). Os principais objetivos do PNCEBT são: (i) reduzir a prevalência e a incidência de casos de brucelose e tuberculose em rebanhos bovinos e bubalinos e (ii) possibilitar que um número significativo de propriedades rurais certificadas ofereça ao mercado consumidor produtos de baixo risco sanitário (POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; BRASIL, 2006; POESTER et al., 2009), permitindo que a atividade pecuária nacional continue sendo mundialmente competitiva e gere retorno financeiro ao Brasil.

A estratégia proposta pelo PNCEBT pode ser resumida da seguinte forma: (i) vacinação compulsória, com a cepa B19, de fêmeas bovinas com idade entre 3 e 8 meses; (ii) certificação voluntária de rebanhos livres, de acordo com os padrões internacionais; (iii) certificação voluntária de rebanhos monitorados, baseada em um esquema periódico de amostragem; (iv) controle de trânsito de animais destinados à reprodução e participação em exposições e feiras, a partir de teste diagnóstico; (v) abate compulsório em estabelecimentos oficiais de animais testados e positivos; e (vi) padronização dos procedimentos de diagnóstico e testes à campo através da habilitação e capacitação de médicos veterinários para atuarem junto ao programa (POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; BRASIL, 2006). A triagem dos animais positivos no rebanho deve ser realizada através da prova do antígeno acidificado tamponado. Aqueles que reagirem a esta prova devem ser submetidos ao teste confirmatório do 2-mercaptoetanol. A reação de fixação de complemento, ou outro teste que o substitua, é realizada para efeitos de trânsito internacional e diagnóstico de casos inconclusivos ao teste do 2-mercaptoetanol (BRASIL, 2006).

A formulação da metodologia que tem sido empregada nos estudos transversais de prevalência e fatores de risco da brucelose em cada unidade federativa, como atividade integrante do PNCEBT, envolveu um grupo de trabalho multidisciplinar composto por técnicos do MAPA, da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Brasília (UnB). O serviço veterinário oficial de cada estado, tal qual a Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED), foi responsável pela execução dos trabalhos de campo.

Até o ano de 2011, foram concluídos os estudos a respeito da situação epidemiológica da brucelose bovina em 15 estados brasileiros, a saber: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Rondônia, Bahia e Maranhão.

Tais estudos, baseados na amostragem aleatória do efetivo bovino e bubalino de cada estado analisado, permitiram determinar as prevalências e o padrão de distribuição da doença. Tanto a prevalência de propriedades (prevalência de focos) como a de animais positivos variou entre os estados, apresentando níveis baixos, como nos casos de Santa Catarina (0,32% de focos e 0,06% de animais) (SIKUSAWA et al., 2009), Rio Grande do Sul (2,10% de focos e 1,00% de animais) (MARVULO et al., 2009) e Distrito Federal (2,50% de focos e 0,16% de animais) (GONÇALVES et al., 2009), até valores elevados, como por exemplo, no Mato Grosso (41,20% de focos e 10,20% de animais) (NEGREIROS et al., 2009) e no Mato Grosso do Sul (41,25% de focos) (CHATE et al., 2009).

Nos estados das regiões Norte e Nordeste a prevalência de focos e animais positivos para a brucelose foram, respectivamente: 21,20% e 4,40% no Tocantins (OGATA et al., 2009); 35,20% e 6,20% em Rondônia (VILLAR et al., 2009); e 4,20% e 0,66% na Bahia (ALVES et al., 2009). Freitas (2011) relatou uma prevalência de focos e de animais reagentes de 1,33% e 0,67%, respectivamente, na região do sertão de Pernambuco. Não foram encontrados na literatura dados disponíveis sobre a prevalência da brucelose em rebanhos bovinos e bubalinos maranhenses oriundos de estudos epidemiológicos estruturados. Santana (2010) observou no cerrado maranhense uma frequência de propriedades e animais positivos de 2,53% e 0,51%, respectivamente. Demais estudos sorológicos indicam que a ocorrência de bovinos reagentes para a brucelose em São Luís do Maranhão variou de 3,60% (SILVA et al., 2009) a 5,97% (SANTOS et al., 2007).

Além dos estudos epidemiológicos observacionais descritos, outros métodos de pesquisa têm sido desenvolvidos e empregados no controle de doenças infecciosas. Dentre tais métodos pode-se destacar a análise espacial de dados e a análise de movimentação de animais, cuja utilização em estudos epidemiológicos tem se popularizado nos últimos anos (DRUCK et al., 2004; DUBÉ et al., 2009). A análise espacial de dados permite mensurar variáveis, levando em consideração a localização espacial do fenômeno em estudo (DRUCK et al., 2004). Os métodos de análise espacial em epidemiologia veterinária são principalmente aplicados na descrição do padrão espacial de ocorrência de um dado fenômeno; identificação de agregados de animais doentes ou propriedades positivas; identificação de efeitos espaciais (dependência espacial, efeitos locais e globais, relação entre elementos vizinhos); e explicação ou predição do risco de ocorrência de doença ou outro fenômeno relacionado à saúde ou à produção animal (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER, 2008; PFEIFFER et al., 2008).

No campo da epidemiologia veterinária, a análise de movimentação de animais ou análise de redes complexas (*complex network analysis*) reúne as ferramentas utilizadas na avaliação da natureza e extensão dos padrões de contatos, relações ou interações entre animais ou rebanhos, permitindo um melhor entendimento da dinâmica de difusão de determinada doença infecciosa em uma população suscetível (DUBÉ et al., 2009; MARTÍNEZ-LÓPEZ; PEREZ; SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, 2009). Cabe salientar que, dada a disponibilidade de dados confiáveis, os métodos descritos podem ser aplicados em pesquisas que envolvam a brucelose bovina, levando à observação de padrões de difusão e ocorrência da doença, assim como, podem permitir que determinadas propriedades ou áreas geográficas sejam identificadas como alvos de um programa de controle e erradicação da brucelose (MARTÍNEZ-LÓPEZ; PEREZ; SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, 2009).

Diante das informações apresentadas, a obtenção e publicação de resultados referentes à caracterização da situação epidemiológica da brucelose em propriedades produtoras de bovinos no estado do Maranhão assume importância, como parte do PNCEBT, na busca de informações que permitam a implementação e/ou a intensificação de eficazes medidas de controle e a redução dos prejuízos socioeconômicos causados pela doença no estado.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 GERAIS

Caracterizar, analiticamente e espacialmente, a prevalência da brucelose em bovinos no estado do Maranhão, bem como verificar a existência de associação entre variáveis socioeconômicas e a ocorrência da brucelose, indicando áreas geográficas onde medidas de controle devam ser preferencialmente implementadas.

2.2 ESPECÍFICOS

Caracterizar os sistemas de produção de bovinos no estado do Maranhão;

Caracterizar espacialmente a prevalência da brucelose bovina no estado;

Estimar a prevalência de focos de brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado;

Estimar a prevalência de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses soropositivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado;

Identificar os fatores de risco associados à presença da brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado;

Identificar espacialmente a distribuição dos fatores de risco associados à presença da brucelose bovina no estado;

Identificar a ocorrência de áreas geográficas onde existe aglomeração de propriedades positivas para a brucelose bovina no estado, nas quais investigações epidemiológicas e medidas de controle da doença devam ser preferencialmente implementadas; e,

Compartilhar os resultados obtidos com a Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão e demais órgãos competentes, permitindo que a adoção e/ou a intensificação de medidas de controle diminuam o impacto socioeconômico da doença nas propriedades produtoras de bovinos no estado.

MATERIAL E MÉTODOS

3 MATERIAL E MÉTODOS

As análises estatísticas de caracterização epidemiológica, cálculos de prevalência e fatores de risco descritas neste trabalho foram realizadas em *softwares* não livres (ou proprietários). Todas as demais atividades, incluindo-se a redação da mesma, foram desenvolvidas em *softwares* livres (programas de computador que podem ser usados, copiados, estudados e redistribuídos sem restrições). Os métodos empregados no presente trabalho são apresentados a seguir.

3.1 PLANEJAMENTO DO ESTUDO E COLETA DE DADOS

O estudo foi planejado no ano de 2005 por técnicos do MAPA, USP e UnB em colaboração com os técnicos da AGED. O trabalho de campo foi realizado pelos técnicos da AGED no período de fevereiro de 2007 a março de 2009, após o recebimento de treinamento prévio.

3.1.1 Delineamento amostral

Com o objetivo de se conhecer as diferenças regionais em relação aos parâmetros epidemiológicos da brucelose bovina, o estado do Maranhão foi dividido em circuitos produtores de bovinos conforme seus distintos sistemas de produção e comercialização animal, finalidade de exploração, tamanho médio de rebanhos e manejo dos animais. Também se levou em conta a capacidade operacional e logística da AGED, para a realização das tarefas de campo, baseando-se nas áreas de atuação de suas dezoito unidades regionais.

Para se detectar os focos da doença em cada circuito produtor, o delineamento amostral foi dividido em dois estágios. No primeiro, sorteou-se de forma aleatória, a partir do quadro amostral disponibilizado pela AGED (Tabela 1), um número preestabelecido de propriedades com atividade reprodutiva bovina (unidades primárias de amostragem). No segundo, dentro de cada propriedade previamente selecionada, foi sorteado um número preestabelecido de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses (unidades secundárias de amostragem). Nas propriedades rurais onde foram identificados mais de um rebanho, foi escolhido como alvo do estudo, o rebanho de maior importância econômica ou principal finalidade produtiva (corte, leite ou misto), no qual os animais estavam submetidos ao mesmo manejo, ou seja, sob as mesmas condições de risco. Quando uma propriedade sorteada não pôde ser visitada, devido a qualquer motivo, a mesma foi substituída por outra, em área geográfica próxima e com as mesmas características de produção. A capacidade operacional e financeira da AGED foi levada em conta para a determinação do tamanho da amostra por circuito produtor.

O número de propriedades selecionadas por circuito foi estimado pela fórmula para amostras simples aleatórias apresentada por Thrusfield (2005), onde:

$$n = \frac{Z\alpha^2 \sqrt{P(1-P)}}{d^2} \quad (1)$$

n = número de propriedades amostradas por circuito produtor;

$Z\alpha$ = valor da distribuição normal para o intervalo de confiança de 95%;

P = prevalência esperada, fixada em 25%;

d = precisão, fixada em 5%.

O planejamento amostral para as unidades secundárias visou estimar um número mínimo de animais a serem examinados dentro de cada propriedade de forma a permitir a sua classificação como foco ou não foco de brucelose bovina. Para tanto foi utilizado o conceito de especificidade e sensibilidade agregadas (DOHOO; MARTIN; STRYHN, 2003). Para efeito dos cálculos, foram adotados valores de 95% e 99,5%, respectivamente, para a sensibilidade e a especificidade do protocolo de testes utilizado (FLETCHER, 1998) e 20% para a prevalência estimada. Nesse processo foi utilizado o programa Herdacc 3 (JORDAN, 1995), baseado em simulações de sensibilidade e especificidade do rebanho, e o tamanho da amostra escolhido foi aquele que permitiu valores de sensibilidade e especificidade agregadas superior a 90%. Assim, nas propriedades com até 99 fêmeas com idade ≥ 24 meses, foram amostradas até 10 fêmeas e naquelas com 100 ou mais fêmeas com idade ≥ 24 meses, foram amostrados 15 fêmeas. A escolha dos animais amostrados dentro de cada propriedade foi do tipo casual sistemática.

3.1.2 Coleta de dados

Em cada propriedade amostrada, além da coleta de sangue para a realização do teste diagnóstico, foi aplicado um questionário epidemiológico (ANEXO A), elaborado para obter informações sobre as práticas de manejo empregadas, de forma a permitir a caracterização da produção de bovinos nos circuitos produtores e no estado, assim como, a realização de um estudo de fatores de risco associados à ocorrência da brucelose bovina.

As amostras de sangue foram colhidas por punção da veia jugular dos animais com agulha descartável estéril e tubo com vácuo previamente identificado. As amostras obtidas foram armazenadas em microtubos de plástico e congeladas a -20°C até o momento da realização dos testes sorológicos, os quais foram realizados na Universidade Estadual do Maranhão, em São Luiz, MA. Conforme as normas do PNCEBT, o teste do antígeno acidificado tamponado foi utilizado como teste de triagem, seguido de re-teste dos animais positivamente reagentes com o teste do 2-mercaptoetanol (BRASIL, 2006).

Uma propriedade foi considerada positiva quando ao menos um animal positivo foi detectado. As informações geradas pelos trabalhos de campo e laboratorial (resultados do questionário epidemiológico e dos testes sorológicos) foram inseridas em um banco de dados no programa Access 9.0 (MICROSOFT, 1999), para serem organizadas e analisadas no presente estudo.

3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas no ano de 2010 no Laboratório de Epidemiologia e Bioestatística da FMVZ - USP. Previamente à realização das mesmas, em setembro de 2010 foi feita uma visita técnica à AGED, visando à correção de inconsistências presentes no banco de dados gerado pelo trabalho de campo. Tais inconsistências corresponderam a erros de preenchimento ocorridos durante a inserção das informações no banco de dados no programa Access 9.0 (MICROSOFT, 1999) e presença de respostas incoerentes (na pergunta 18 do questionário, por exemplo, alguns entrevistados responderam que não compravam animais com finalidade reprodutiva, para na pergunta seguinte afirmarem que compravam animais diretamente de outras propriedades produtoras de bovinos).

3.2.1 Caracterização epidemiológica

Esta etapa do estudo teve com objetivo identificar a tipologia das propriedades produtoras de bovinos amostradas. As frequências das variáveis quantitativas e qualitativas presentes no questionário epidemiológico foram calculadas para os quatro circuitos produtores e o estado do Maranhão, permitindo a verificação de semelhanças e diferenças entre cada circuito. A importância desta atividade está no planejamento de ações futuras, pois cada área poderá adotar estratégias de controle específicas. Visando posterior comparação entre os circuitos produtores calculou-se a frequência e os respectivos intervalos de confiança ($IC = 95\%$) das seguintes variáveis qualitativas:

1. Tipo de exploração;
2. Tipo de criação;
3. Tipo de ordenha;
4. Número de ordenhas diárias;
5. Raça bovina predominante;
6. Utilização de inseminação artificial;
7. Realização de vacinação contra a brucelose;
8. Realização de testes diagnósticos para a brucelose bovina;
9. Regularidade da realização de teste diagnóstico para a brucelose bovina;
10. Presença de outras espécies domésticas (aves, cães, caprinos, equinos, gatos, ovinos e/ou suínos);
11. Presença de espécies silvestres (capivaras, cervídeos e/ou outras espécies de vida livre);
12. Compra de reprodutores (se sim, qual a origem);
13. Venda de reprodutores (se sim, qual o destino);
14. Presença de aborto na propriedade nos últimos 12 meses;
15. Destino dado à placenta e feto abortado;

16. Local de abate de animais adultos no final da vida reprodutiva;
17. Aluga pastos de/para terceiros;
18. Presença de pasto em comum com outras propriedades;
19. Presença de áreas alagadiças na propriedade;
20. Presença de piquetes de parição na propriedade;
21. Destino do leite produzido na propriedade;
22. Realiza resfriamento do leite produzido (se sim, qual a forma de resfriamento);
23. Realiza entrega a granel do leite produzido;
24. Consome leite cru na propriedade;
25. Produz queijo e/ou manteiga na propriedade;
26. Finalidade da produção de queijo e/ou manteiga;
27. Possui assistência veterinária;
28. Tipo de assistência veterinária adotada.

A comparação dos resultados das variáveis qualitativas estudadas, entre os circuitos, foi realizada através do teste do qui-quadrado ou exato de Fisher, com um nível de significância (α) de 5% (ZAR, 1996). Os cálculos foram realizados no programa SPSS 9.0 (SPSS, 1999). O programa de domínio público Epi Info 6.04 (CDC, 2001) foi utilizado para recálculo do IC das variáveis que apresentaram frequência percentual igual a zero ou cem.

Visando posterior comparação dos resultados entre os circuitos produtores, foi realizada uma estatística descritiva (cálculo da mediana e do intervalo interquartil), no programa SPSS 9.0 (SPSS, 1999), das seguintes variáveis quantitativas:

1. Número de vacas em lactação na propriedade;
2. Produção diária de leite (em litros);
3. Número de fêmeas bovinas de 0 a 6, de 6 a 12, de 12 a 24, e ≥ 24 meses de idade;
4. Número de machos bovinos inteiros de 0 a 6, de 6 a 12, de 12 a 24, e ≥ 24 meses de idade;
5. Número de machos bovinos castrados.

3.2.2 Cálculos de prevalência

O planejamento amostral permitiu determinar a prevalência aparente de propriedades positivas (focos) e de fêmeas com idade ≥ 24 meses soropositivas para a brucelose em cada circuito produtor e no estado do Maranhão. Os cálculos de prevalência e os respectivos intervalos de confiança foram realizados conforme preconizados por Dean (1994), tendo como parâmetros o número de focos e o número de propriedades amostradas. Os cálculos de prevalência aparente de propriedades e de animais nos circuitos produtores e no estado foram feitos de forma ponderada, conforme preconizado por Dohoo, Martin e Stryhn (2003).

Desta forma, o peso de cada propriedade no cálculo de prevalência de focos foi dado por:

$$P_1 = \frac{\text{propriedades no circuito produtor}}{\text{propriedades amostradas no circuito produtor}} \quad (2)$$

O peso de cada fêmea bovina no cálculo de prevalência de animais soropositivos foi dado por:

$$P_2 = \frac{\text{fêmeas} \geq 24 \text{ meses na propriedade}}{\text{fêmeas} \geq 24 \text{ meses amostradas na propriedade}} \times \frac{\text{fêmeas} \geq 24 \text{ meses no circuito produtor}}{\text{fêmeas} \geq 24 \text{ meses amostradas no circuito produtor}} \quad (3)$$

Na equação 3, o primeiro termo refere-se ao peso de cada animal dentro da propriedade, e o segundo, representa o peso de cada animal dentro de seu respectivo circuito produtor. Também foi calculada a prevalência aparente de propriedades positivas estratificadas pelo tipo de exploração da produção pecuária: corte, leite e misto. Os valores de ponderação empregados foram os mesmos do cálculo de prevalência de focos da doença.

3.2.3 Análise de fatores de risco

Realizou-se um estudo de fatores de risco do tipo transversal. Desta forma, as propriedades amostradas foram classificadas em razão da presença ou não de focos de brucelose. Estes dois grupos quando comparados entre si quanto às variáveis pesquisadas no questionário epidemiológico (variáveis explicativas) permitem medir a força de associação destas com a presença da doença (variável resposta) (HOSMER; LEMESHOW, 1989).

As variáveis qualitativas incluídas na análise foram: tipo de exploração (corte, leite e misto), tipo de criação (confinado, semiconfinado e extensivo), utilização de inseminação artificial, realização de vacinação contra a brucelose, presença de aves, presença de cães, presença de equinos, presença de gatos, presença de ovinos e caprinos, presença de suínos, presença de animais silvestres, presença de capivaras, presença de cervídeos, presença de outros animais silvestres, compra de reprodutores, ocorrência de aborto nos últimos 12 meses, destino da placenta e feto abortado, local de abate de animais reprodutores, aluga pastos de/para terceiros, presença de pasto em comum com outras propriedades, presença de áreas alagadiças na propriedade, possui piquete de parição e possui assistência veterinária.

As variáveis quantitativas, número total de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses na propriedade e número total de bovinos (fêmeas e machos) na propriedade, categorizadas em quartis (sendo o 3º quartil adotado como ponto de corte) também foram incluídas na análise. A seleção das variáveis e sua organização em categorias, de modo a apresentarem-se em escala crescente de risco, seguiu informações de literatura disponíveis sobre a brucelose (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

Tanto na análise de fatores de risco para todo o estado, como para cada circuito produtor, foi inicialmente realizada uma análise exploratória (univariada) das variáveis, seguida da seleção daquelas que apresentaram um nível descritivo (P) igual ou inferior a 0,20 no teste do qui-quadrado ou exato de Fisher (ZAR, 1999). As variáveis selecionadas na análise univariada foram organizadas em ordem crescente de valores de P e submetidas a uma análise de regressão logística multivariada, seguindo um processo *forward* de entrada de dados no modelo final.

As variáveis que apresentaram um valor de $P < 0,05$ permaneceram no modelo final de regressão logística (HOSMER; LEMESHOW, 1989), sendo interpretadas como fatores de risco para a ocorrência de focos de brucelose. Os cálculos foram realizadas no programa SPSS 9.0 (SPSS, 1999).

A performance do modelo final de regressão logística multivariada de fatores de risco em discriminar corretamente propriedades positivas e negativas para a brucelose bovina no Maranhão foi estudada através da análise da área sob a curva ROC (*receiver operating characteristic*), com o pacote ROCR (SING et al., 2005), no programa R 2.12.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) durante estágio no *EpiCentre, Massey University*- Nova Zelândia.

A curva ROC é um método de análise empregado na área da saúde para avaliação da acurácia de testes diagnósticos ou comparação entre testes (ZWEIG; CAMPBELL, 1993). Corresponde a um gráfico no qual são plotados, para diferentes pontos de corte, a proporção de verdadeiros positivos (sensibilidade), no eixo das ordenadas, versus a proporção de falsos positivos (1 - especificidade), no eixo das abscissas (HANLEY; MACNEIL, 1982; ZWEIG; CAMPBELL, 1993). A curva ROC também pode ser empregada na avaliação da performance de um modelo de regressão logística. Neste caso, a proporção da variável resposta corretamente prevista (sensibilidade) é plotada no eixo das ordenadas e a proporção da variável resposta incorretamente prevista (1 - especificidade), no eixo das abscissas.

A acurácia de um modelo ou teste pode ser quantitativamente expressa através da análise da área sob a curva ROC (ZWEIG; CAMPBELL, 1993). A área sob a curva varia de 0,5 (ausência de acurácia aparente) a 1,0 (acurácia perfeita), sendo que quanto maior a área sob a curva (mais próxima do canto superior esquerdo), maior é o poder do modelo em discriminar os elementos (animais ou propriedades) que apresentaram a variável resposta daqueles que não o fizeram (Figura 2) (HANLEY; MACNEIL, 1982; ZWEIG; CAMPBELL, 1993). A área sob a curva de um teste diagnóstico que apresenta valor igual a 0,8 pode, por exemplo, ser interpretada como: um indivíduo aleatoriamente selecionado de um grupo positivo tem um valor de teste maior (positivo) do que um indivíduo escolhido aleatoriamente a partir de um grupo negativo em 80% das vezes.

Figura 2 - Exemplo de curva ROC com área sob a curva igual a 1

3.3 ANÁLISES ESPACIAIS

As análises espaciais foram feitas no período entre março e setembro de 2011 no *EpiCentre; Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences; Massey University* - Nova Zelândia, através da concessão de bolsa de estudos do Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior (PDDE) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processo 6809 – 10/3) e autorização do MAPA para a utilização do banco de dados.

Inicialmente, as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de cada propriedade amostrada foram obtidas pelos técnicos da AGED, através de aparelhos GPS (*global position system*), durante as visitas para coleta de amostras para exame sorológico e aplicação do questionário epidemiológico. Após coletadas, as coordenadas foram inseridas em um banco de dados no programa Access 9.0 (MICROSOFT, 1999). Cada propriedade foi caracterizada por um código composto por nove dígitos. Os sete primeiros corresponderam ao código do município onde cada propriedade estava localizada, conforme norma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e os dois últimos referiam-se a um código individualizado para cada propriedade amostrada em seu respectivo município. Para as propriedades cujas coordenadas não foram obtidas ou foram coletadas de forma errônea ($n = 48$), um novo par de coordenadas foi aleatoriamente gerado, respeitando os limites geográficos de cada município de origem. Outra mudança realizada foi a reprojeção das coordenadas do sistema *South American Datum 69* (SAD 69) para a zona 23 sul do sistema Universal Transverso de Mercator (UTM 23S). Estas alterações foram realizadas através do pacote *rgdal* (KEITT et al., 2011) no programa R 2.12.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

3.3.1 Análise descritiva

Compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos que ocorrem no espaço constitui um desafio para a interpretação de importantes questões em diferentes áreas do conhecimento (DRUCK et al., 2004). Em saúde animal, o conhecimento dos conceitos de espaço e tempo, e a aplicação de métodos de análise referentes aos mesmos, têm auxiliado no entendimento da história natural e dinâmica de transmissão de doenças infecciosas, uma vez que a difusão destas doenças requer contato direto ou indireto entre o agente infeccioso e a população animal suscetível, ou seja, a proximidade espacial deve ser considerada como um fator chave para o risco de infecção entre animais ou rebanhos (PFEIFFER, 2008). Além do mais, a observação de padrões de distribuição espacial de variáveis associadas à ocorrência de uma doença podem permitir melhor entendimento sobre sua causalidade e sobre os efeitos da adoção de possíveis medidas de intervenção (PFEIFFER et al., 2008). Segundo Druck et al. (2004), uma análise espacial pode envolver dados ambientais e socioeconômicos, tendo como finalidade a escolha de um modelo inferencial que considere os relacionamentos espaciais presentes no fenômeno em estudo. Em geral, um processo de modelagem espacial é precedido por uma análise exploratória, que busca visualizar os dados sob a forma de gráficos ou mapas, identificar padrões de dependência espacial no fenômeno estudado e gerar hipóteses a respeito dos fatores que podem influenciar os padrões de distribuição observados (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER et al., 2008).

No presente estudo, foram construídos mapas referentes à distribuição espacial das propriedades amostradas conforme sua condição sanitária (foco ou não foco) e a ocorrência das variáveis associadas à presença de focos de brucelose bovina nos circuitos produtores do Maranhão. Os limites geográficos dos circuitos foram delimitados em um mapa temático georreferenciado do estado, baseado em um mapa da malha municipal obtido junto ao IBGE. As variáveis selecionadas para a construção dos mapas foram aquelas que apresentaram associação significativa à condição de propriedade foco para brucelose bovina na análise univariada de fatores de risco para o Maranhão, assim como, aquelas identificadas como fatores de risco na análise multivariada em cada circuito produtor. Este método de seleção foi adotado uma vez que, dada a maior quantidade de dados, a análise de fatores de risco para todo o estado faz-se mais precisa do que as análises para cada circuito produtor. Para a construção dos mapas foi utilizado o programa Quantum GIS 1.7.0 (QUANTUM GIS, 2011).

3.3.2 Análise de prevalência

Nos casos em que a simples visualização de dados no espaço não permite uma correta interpretação do fenômeno estudado; quando, por exemplo, há um elevado número de pontos em uma área e estes estão localizados de forma agregada, não permitindo a observação de padrões de distribuição dos dados; outros métodos de análise podem ser aplicados para a observação da distribuição espacial de um fenômeno. Dentre estes métodos, uma alternativa facilmente aplicável em estudos epidemiológicos corresponde à estimativa de densidade de kernel (*kernel density estimation*) (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER, 2008; PFEIFFER et al., 2008). Neste estimador, uma função densidade de probabilidade bivariada é aplicada na determinação da intensidade de um processo espacial de pontos. Esta função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma área de influência, ponderando-os pela distância de cada ponto à localização do fenômeno de interesse (Figura 3), e possibilitando a obtenção de uma estimativa suavizada (do inglês *smoothed*) da densidade dos dados (DRUCK et al., 2004).

Fonte: Adaptado de DRUCK et al. (2004, p. 35)

Figura 3 - Exemplo de estimador de densidade de kernel

O estimador de densidade de kernel é definido pela seguinte equação, onde:

$$\hat{\lambda}_T(s) = \frac{1}{\hat{\sigma}_T(s)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{T^2} k\left(\frac{s - s_i}{T}\right) \quad (4)$$

k = função densidade de probabilidade;

τ = largura da banda, sendo $\tau > 0$;

S = ponto no qual um disco de raio τ está centralizado;

S_i = pontos dentro da área do disco;

δ_τ = fator corretor de borda.

A aparência da superfície suavizada da densidade de kernel é influenciada pela função densidade de probabilidade escolhida; tamanho da grade de células, para as quais estimativas individuais são calculadas; e largura da banda especificada (PFEIFFER; 2008; PFEIFFER et al., 2008). Dada uma menor influência na estimativa da superfície de densidade e uma maior simplicidade computacional, a função densidade de probabilidade gaussiana tem sido comumente empregada em estudos epidemiológicos (PFEIFFER et al., 2008). Por sua vez, o tamanho da grade de células é um parâmetro que pode interferir na interpretação da variação espacial dos dados, pois uma grade de células muito pequena leva a um acúmulo desnecessário de dados em uma determinada área, e uma grade muito grande, por sua vez, pode ocultar padrões de distribuição de dados relevantes. Segundo Pfeiffer et al. (2008), é aconselhável que sejam estipulados valores de grade de células superiores à área média coberta pelas unidades de interesse do estudo (como, por exemplo, o tamanho médio de fazendas).

A especificação da largura da banda é uma etapa fundamental na obtenção de informações que possam levar a uma correta interpretação do fenômeno em estudo, uma vez que ela define a distância do centro à borda de uma área (disco de raio τ), influenciando diretamente no total de dados (pontos) que serão incluídos na estimativa de densidade para cada área. Quanto maior for a largura da banda adotada, maior será o número de dados incluídos em cada área de influência, resultando em uma superfície mais suavizada (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER; 2008; PFEIFFER et al., 2008). A determinação da largura da banda pode ser realizada por diferentes métodos matemáticos. Contudo, características referentes à biologia do fenômeno em estudo (tais como virulência e patogenicidade de agentes infecciosos, população suscetível, proximidade entre propriedades, vias de transmissão), também devem ser levadas em consideração (PFEIFFER; 2008; PFEIFFER et al., 2008). Os parâmetros de largura de banda podem ter valores fixos ou adaptativos. Neste caso, a largura da banda torna-se variável ao longo da área de estudo, permitindo que um número mínimo de observações seja incluído na análise (PFEIFFER et al., 2008).

Para descrever a distribuição espacial da brucelose bovina no estado, corrigida pela distribuição das propriedades em risco, duas superfícies representando o número de propriedades por km^2 foram construídas através de uma estimativa de densidade de kernel. A primeira superfície (numerador) foi baseada em todos os rebanhos bovinos classificados como focos de brucelose bovina, a segunda (denominador) correspondeu a todos efetivos bovinos testados (focos e não focos). A relação da densidade entre estas duas superfícies forneceu um mapa que mostra a distribuição espacial da prevalência de focos de brucelose no Maranhão. A função densidade de probabilidade gaussiana foi adotada para o cálculo do estimador (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER et al., 2008). O parâmetro de largura de banda (usado para controlar a quantidade de suavização de superfície da densidade estimada) foi fixado em 20 quilômetros (km) e calculado pelo método ótimo normal (BOWMAN; AZZALINI, 1997). Devido à presença de áreas litorâneas e fronteiras terrestres interestaduais, utilizou-se um termo de correção para efeitos de borda implementado no algoritmo da densidade de kernel (DIGGLE, 1985; MARSHALL; HAZELTON, 2010; DAVIES; HAZELTON; MARSHALL, 2011).

Para testar a hipótese de distribuição espacial uniforme da prevalência de focos de brucelose bovina em todo o Maranhão, realizou-se uma análise na qual o comprimento e a largura do estado foram divididos, cada um, em 200 células. O procedimento envolveu a sobreposição, sobre a superfície de prevalência anteriormente gerada, de linhas de contorno de tolerância com base em um cálculo de valores de P para cada célula da superfície (DAVIES; HAZELTON, 2009). O número de observações em cada célula foi contabilizado, fornecendo valores conservadores para aquelas cujos dados foram escassos, e delimitando áreas de prevalência significativamente elevada ($P < 0,05$). Para a execução da análise, foi adotado um termo de correção para efeitos de borda, bem como um parâmetro adaptativo de largura de banda (HALL; MARRON, 1988; DAVIES; HAZELTON, 2009; MARSHALL; HAZELTON, 2010).

3.3.3 Análise de efeitos de primeira e segunda ordem

A distribuição espacial de um processo, cujos dados são representados na forma de pontos, pode ser caracterizada em termos de efeitos de primeira e segunda ordem (DRUCK et al., 2004). O efeito de primeira ordem (também denominado global ou de larga escala) corresponde a variações no valor médio de um fenômeno no espaço. A análise deste efeito busca identificar a variação na intensidade de um fenômeno devido à localização de atributos (eventos ou variáveis explicativas) existentes em diferentes unidades da área estudada (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER et al., 2008). Variações em larga escala representam tendências em uma região, como por exemplo, a variação da prevalência de uma certa doença (PFEIFFER et al., 2008). O efeito de segunda ordem (local ou de pequena escala) representa a dependência espacial existente em um fenômeno, proveniente da estrutura de correlação espacial entre os dados. A dependência espacial é estimada a partir da análise dos relacionamentos entre os pares de eventos (por unidade de área) no espaço, sendo sua expressão computacional denominada autocorrelação espacial (DRUCK et al., 2004). Variações em pequena escala refletem, por exemplo, a ocorrência de agregados de animais infectados próximos a uma determinada distância (PFEIFFER et al., 2008).

O princípio básico de dependência espacial baseia-se na premissa que valores de atributos medidos em localidades mais próximas são mais similares que valores medidos entre locais mais distantes (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER et al., 2008). Esta noção advém da primeira lei da geografia (lei de Tobler), que diz: “todas as coisas estão relacionadas, porém coisas mais próximas estão mais relacionadas que coisas distantes” (DRUCK et al., 2004). Quando a dependência espacial não apresenta variação (isto é, seus valores são os mesmos para cada localização ao longo de uma área geográfica), o processo é chamado de estacionário. Se a dependência espacial variar em uma área geográfica, o processo é então denominado não estacionário ou heterogêneo. Um processo é considerado isotrópico se, além de ser estacionário, a dependência espacial é determinada somente pela distância entre os dados. Quando a dependência espacial é determinada não só pela distância, mas também pela direção dos dados, o processo é dito anisotrópico (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER et al., 2008).

Um processo que apresenta efeitos de primeira e segunda ordem constantes em toda a área geográfica analisada é considerado estacionário. Ou seja, não há evidências de tendências espaciais (global e local, respectivamente) no fenômeno estudado (DRUCK et al., 2004).

Dado que no presente estudo foi utilizado um método de regressão logística para a análise dos dados, visando a identificação dos fatores (variáveis explicativas) que podem influenciar o risco da brucelose estar presente em diferentes propriedades criadoras de bovinos, os efeitos espaciais de primeira e segunda ordem foram calculados através dos resíduos de *Pearson* (assumindo-se que estes eram espacialmente independentes) presentes no modelo final de fatores de risco para o estado do Maranhão. Desta maneira, buscou-se quantificar o efeito das variáveis explicativas na determinação da distribuição espacial da variável resposta (foco da doença) (PFEIFFER et al., 2008).

O efeito de segunda ordem foi analisado através de um semivariograma. Neste método, a semivariância é plotada em função da distância entre os pares de eventos para identificar a presença de dependência espacial no fenômeno estudado. A semivariância é calculada pela seguinte equação, onde:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{(S_i, S_j) \in N(h)} [Z(S_i) - Z(S_j)]^2 \quad (5)$$

$N(h)$ = conjunto de pares de valores distintos, separados por uma distância (h)

$|N(h)|$ = número de pares em $N(h)$

$Z(S_i)$ = valor medido na posição S_i

$Z(S_j)$ = valor medido na posição S_j

Para analisar a presença de autocorrelação espacial residual de brucelose em propriedades em uma pequena escala de distância (0 a 10 km) em relação à área total de estudo, os resíduos de *Pearson* do modelo final de regressão logística foram plotados como um semivariograma omnidirecional (modelo isotrópico), utilizando-se as coordenadas (*Easting* e *Norting*) de cada propriedade como marcador de localização (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). Se propriedades com valores residuais semelhantes fossem espacialmente mais próximas, seria esperado que a semivariância aumentasse em função da distância até atingir um platô conhecido como patamar (Figura 4) (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989; DRUCK et al., 2004). Este indica a distância em que o efeito local (neste caso, os resíduos do modelo) já não são espacialmente correlacionados.

Fonte: Adaptado de PFEIFFER et al. (2008, p. 92)
Figura 4 - Exemplo de semivariograma experimental

Além disto, realizou-se uma série de 999 simulações de Monte Carlo dos dados. Nesta etapa, os resíduos do modelo de regressão logística foram aleatoriamente alocados em cada marcador de localização e um semivariograma foi calculado a cada simulação. A partir dos 999 semivariogramas calculados, selecionaram-se os valores mínimo e máximo para cada 0,10 km de distância para serem plotados como envelopes de simulação superior e inferior. Quaisquer pontos do semivariograma omnidirecional, primeiramente calculado, observado fora do intervalo dos envelopes de simulação foram interpretados como indicativos de autocorrelação espacial nessa escala particular de distância (0 a 10 km).

Para caracterizar a distribuição espacial do risco de brucelose em propriedades correlacionadas a escalas maiores que 10 km (efeito de primeira ordem), os resíduos de *Pearson* do modelo de regressão logística foram plotados usando o método de densidade de kernel descrito na análise de prevalência. Os parâmetros implementados na análise foram: função densidade de probabilidade gaussiana, largura de banda fixa (20 km) e termo de correção para efeitos de borda. Este tipo de método permite estimar a variação espacial do risco da doença, controlada pelos fatores de risco conhecidos, o que possibilita identificar áreas de sobre ou sub risco significativamente diferentes da média obtida pelo modelo de regressão (DRUCK et al., 2004; PFEIFFER, 2008; PFEIFFER et al., 2008).

A superfície construída apresenta a distribuição das propriedades amostradas no Maranhão conforme uma escala de sinais positivos e negativos de resíduos. Áreas geográficas com predominância de sinais positivos foram interpretados como aquelas onde o número observado de focos de brucelose bovina foi superior ao previsto pelas variáveis explicativas incluídas no modelo final de regressão logística. Áreas com predominância de sinais negativos foram interpretadas como áreas onde o número de focos da doença foi menor do que o previsto pelo modelo.

As análises espaciais de prevalência e efeitos de primeira e segunda ordem foram realizadas através dos pacotes *geoRglm* (CHRISTENSEN; RIBEIRO, 2002), *spatstat* (BADDELEY; TURNER, 2005) e *sparr* (DAVIES; HAZELTON; MARSHALL, 2011) no programa R 2.12.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

RESULTADOS

4 RESULTADOS

4.1 CIRCUITOS PRODUTORES

O estado do Maranhão foi dividido em quatro diferentes circuitos produtores de bovinos (Figura 5). Os dados censitários utilizados para o cálculo do tamanho de amostra e de prevalências referem-se ao ano de 2005, quando foi realizado o delineamento amostral para o estado. A tabela 1 apresenta os dados censitários da população bovina no estado do Maranhão em 2005, segundo os circuitos produtores. Uma propriedade no circuito produtor 2 foi excluída da amostra por apresentar resultado final inconclusivo, assim como, ausência significativa de informações no banco de dados.

Figura 5 - Estado do Maranhão estratificado em quatro circuitos produtores de bovinos

Tabela 1 - Dados censitários da população bovina no estado do Maranhão em 2005, segundo os circuitos produtores

Circuito produtor	Propriedades com atividade reprodutiva	Propriedades amostradas	Fêmeas com idade ≥ 24 meses	Fêmeas amostradas
1. Norte	18.957	149	175.355	1.047
2. Noroeste	46.261	292	1.569.915	3.282
3. Nordeste	24.937	150	361.559	1.098
4. Sul	10.311	158	273.726	1.352
Estado do Maranhão	100.466	749	2.380.555	6.779

Fonte: AGED.

4.2 CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DOS CIRCUITOS PRODUTORES

4.2.1 Variáveis qualitativas

A tabela 2 apresenta as frequências e intervalos de confiança das variáveis qualitativas analisadas no estudo.

Tabela 2 - Frequências das variáveis qualitativas nos circuitos produtores de bovinos e no estado do Maranhão

(continua)

Tipo de exploração										
Circuito	Corte			Leite			Misto			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	76	51,01	[42,98 - 58,98]	2	1,34	[0,33 - 5,24]	71	47,65	[39,72 - 55,70]	149
2	95	32,99	[27,78 - 38,64]	58	20,14	[15,89 - 25,19]	135	46,88	[41,16 - 52,67]	288
3	85	56,67	[48,59 - 64,40]	17	11,33	[7,15 - 17,51]	48	32,00	[25,00 - 39,92]	150
4	83	52,53	[44,71 - 60,23]	10	6,33	[3,43 - 11,39]	65	41,14	[33,70 - 49,00]	158
MA	339	44,34	[40,75 - 47,99]	87	12,94	[10,61 - 15,69]	319	42,71	[39,09 - 46,42]	745
Tipo de criação										
Circuito	Confinado			Semiconfinado			Extensivo			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	9	6,04	[3,16 - 11,23]	140	93,96	[88,77 - 96,84]	149
2	1	0,34	[0,05 - 2,42]	69	23,79	[19,23 - 29,05]	220	75,86	[70,58 - 80,46]	290
3	2	2,00	[0,64 - 6,05]	60	40,00	[32,44 - 48,07]	87	58,00	[49,92 - 65,67]	150
4	2	1,27	[0,31 - 4,95]	49	31,01	[24,26 - 38,68]	107	67,72	[60,01 - 74,58]	158
MA	6	0,79	[0,34 - 1,83]	187	25,21	[22,18 - 28,51]	554	74,00	[70,69 - 77,06]	747
Tipo de ordenha ¹										
Circuito	Não ordenha			Manual			Mecânica			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	108	72,48	[64,73 - 79,08]	41	27,52	[20,92 - 35,27]	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
2	95	33,45	[28,19 - 39,16]	182	64,08	[58,32 - 69,47]	7	2,46	[1,18 - 5,09]	284
3	106	70,67	[62,86 - 77,43]	42	28,00	[21,37 - 35,75]	2	1,33	[0,33 - 5,21]	150
4	68	43,04	[35,51 - 50,90]	89	56,33	[48,47 - 63,89]	1	0,63	[0,09 - 4,39]	158
MA	377	51,26	[47,77 - 54,74]	354	47,22	[43,73 - 50,74]	10	1,52	[0,81 - 2,83]	741
Número de ordenhas diárias										
Circuito	Não ordenha			Uma ordenha			Duas ou mais ordenhas			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	108	72,48	[64,73 - 79,08]	40	26,85	[20,32 - 34,56]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
2	95	32,99	[27,78 - 38,64]	187	64,93	[59,22 - 70,24]	6	2,08	[0,94 - 4,57]	288
3	106	70,67	[62,86 - 77,43]	41	27,33	[20,77 - 35,05]	3	2,00	[0,64 - 6,05]	150
4	68	43,04	[35,51 - 50,90]	88	55,70	[47,84 - 63,28]	2	1,27	[0,31 - 4,95]	158
MA	377	50,94	[47,76 - 54,40]	356	47,35	[43,89 - 50,84]	12	1,71	[0,95 - 3,04]	745

(continuação)

Raça bovina predominante ²										
Circuito	Zebuínas			Taurinas			Outras raças			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	12	8,76	[5,03 - 14,83]	0	0,00	[0,00 - 2,66]*	125	91,24	[85,17 - 94,97]	137
2	89	30,48	[25,45 - 36,02]	8	2,74	[1,37 - 5,39]	195	66,78	[61,16 - 71,96]	292
3	39	26,00	[19,58 - 33,64]	7	4,67	[2,23 - 9,50]	104	69,33	[61,47 - 76,22]	150
4	42	26,58	[20,25 - 34,05]	9	5,70	[2,98 - 10,61]	107	67,72	[60,01 - 74,58]	158
MA	182	25,12	[22,01 - 28,50]	24	3,05	[2,00 - 4,63]	531	71,83	[68,36 - 75,06]	737
Utilização de inseminação artificial (IA)										
Circuito	Não utiliza IA			Utiliza IA e touro			Utiliza somente IA			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	146	97,99	[93,91 - 99,35]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	2	1,34	[0,33 - 5,24]	149
2	271	94,76	[91,47 - 96,82]	13	4,55	[2,65 - 7,68]	2	0,70	[0,17 - 2,76]	286
3	146	97,33	[93,08 - 99,00]	4	2,67	[1,00 - 6,92]	0	0,00	[0,00 - 2,43]*	150
4	157	99,37	[95,61 - 99,91]	1	0,63	[0,09 - 4,39]	0	0,00	[0,00 - 2,31]*	158
MA	720	96,49	[94,76 - 97,67]	19	2,93	[1,87 - 4,57]	4	0,57	[0,21 - 1,53]	743
Realização de vacinação contra a brucelose bovina										
Circuito	Não			Sim, animais até 8 meses			Sim, animais de qualquer idade			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	144	97,30	[92,99 - 98,99]	3	2,03	[0,65 - 6,13]	1	0,68	[0,09 - 4,68]	148
2	211	74,56	[69,14 - 79,31]	72	25,44	[20,69 - 30,86]	0	0,00	[0,00 - 1,30]*	283
3	141	94,00	[88,84 - 96,86]	9	6,00	[3,14 - 11,16]	0	0,00	[0,00 - 2,43]*	150
4	142	89,87	[84,08 - 93,72]	16	10,13	[6,28 - 15,92]	0	0,00	[0,00 - 2,31]*	158
MA	638	85,39	[82,59 - 87,80]	100	14,49	[12,09 - 17,27]	1	0,13	[0,02 - 0,91]	739
Realização de teste diagnóstico para a brucelose bovina										
Circuito	Não			Sim						Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	143	95,97	[91,30 - 98,19]	6	4,03	[1,81 - 8,70]				149
2	200	68,97	[63,39 - 74,04]	90	31,03	[25,96 - 36,61]				290
3	131	87,33	[80,96 - 91,79]	19	12,67	[8,21 - 19,04]				150
4	127	80,38	[73,41 - 85,87]	31	19,62	[14,13 - 26,59]				158
MA	601	79,83	[76,74 - 82,59]	146	20,17	[17,41 - 23,26]				747
Regularidade da realização de teste diagnóstico para a brucelose bovina										
Circuito	Uma/duas vezes ao ano			Compra animal/ocorrência de aborto			Exigido para trânsito			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	2	28,57	[7,15 - 67,52]	4	57,14	[22,85 - 85,72]	1	14,29	[1,95 - 58,32]	7
2	62	50,82	[41,99 - 59,60]	30	24,59	[17,74 - 33,02]	30	24,59	[17,74 - 33,02]	122
3	6	31,58	[14,86 - 54,96]	10	52,63	[31,01 - 73,31]	3	15,79	[5,15 - 39,30]	19
4	7	22,58	[11,12 - 40,46]	14	45,16	[28,80 - 62,64]	10	32,26	[18,26 - 50,37]	31
MA	77	45,40	[38,02 - 52,98]	58	30,86	[24,40 - 38,16]	44	23,75	[17,94 - 30,73]	179

(continuação)

Presença de aves							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	31	20,81	[15,00 - 28,11]	118	79,19	[71,89 - 85,00]	149
2	60	20,55	[16,28 - 25,59]	232	79,45	[74,41 - 83,79]	292
3	45	30,00	[23,18 - 37,84]	105	70,00	[62,16 - 76,82]	150
4	23	14,56	[9,85 - 20,99]	135	85,44	[79,01 - 90,15]	158
MA	159	22,33	[19,36 - 25,61]	590	77,67	[74,39 - 80,64]	749
Presença de cães							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	54	36,24	[28,89 - 44,30]	95	63,76	[55,70 - 71,11]	149
2	76	26,03	[21,30 - 31,38]	216	73,97	[68,62 - 78,70]	292
3	40	26,67	[20,18 - 34,35]	110	73,33	[65,65 - 79,82]	150
4	36	22,78	[16,88 - 30,01]	122	77,22	[69,99 - 83,12]	158
MA	206	27,78	[24,57 - 31,23]	543	77,22	[68,77 - 75,43]	749
Presença de caprinos e ovinos							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	122	81,88	[74,82 - 87,29]	27	18,12	[12,71 - 25,18]	149
2	222	76,03	[70,78 - 80,59]	70	23,97	[19,41 - 29,22]	292
3	114	76,00	[68,48 - 82,19]	36	24,00	[17,81 - 31,52]	150
4	122	77,22	[69,99 - 83,12]	36	22,78	[16,88 - 30,01]	158
MA	580	77,25	[73,96 - 80,23]	169	22,75	[19,77 - 26,04]	749
Presença de equinos							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	55	36,91	[29,52 - 44,98]	94	63,09	[55,02 - 70,48]	149
2	38	13,01	[9,61 - 17,40]	254	86,99	[82,60 - 90,39]	292
3	60	40,00	[32,44 - 48,07]	90	60,00	[51,93 - 67,56]	150
4	16	10,13	[6,28 - 15,92]	142	89,87	[84,08 - 93,72]	158
MA	169	23,93	[21,00 - 27,12]	580	76,07	[72,88 - 79,00]	749
Presença de gatos							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	83	55,70	[47,61 - 63,51]	66	44,30	[36,49 - 52,39]	149
2	138	47,26	[41,58 - 53,02]	154	52,74	[46,98 - 58,42]	292
3	93	62,00	[53,95 - 69,44]	57	38,00	[30,56 - 46,05]	150
4	50	31,65	[24,84 - 39,34]	108	68,35	[60,66 - 75,16]	158
MA	364	50,91	[47,22 - 54,59]	385	49,09	[45,41 - 52,78]	749

(continuação)

Presença de suínos							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	95	63,76	[55,70 - 71,11]	54	36,24	[28,89 - 44,30]	149
2	172	58,90	[53,15 - 64,43]	120	41,10	[35,57 - 46,85]	292
3	101	67,33	[59,40 - 74,39]	49	32,67	[25,61 - 40,60]	150
4	81	51,27	[43,47 - 59,00]	77	48,73	[41,00 - 56,53]	158
MA	449	61,13	[57,46 - 64,68]	300	38,87	[35,32 - 42,54]	749
Presença de animais silvestres							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	145	97,32	[93,03 - 98,99]	4	2,68	[1,01 - 6,97]	149
2	292	100,00	[98,74 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 1,26]*	292
3	130	86,67	[80,20 - 91,25]	20	13,33	[8,75 - 19,80]	150
4	110	69,62	[61,98 - 76,31]	48	30,38	[23,69 - 38,02]	158
MA	677	93,07	[91,26 - 94,52]	72	6,93	[5,48 - 8,74]	749
Presença de capivaras							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	149	100,00	[97,55 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
2	272	93,15	[89,61 - 95,55]	20	6,85	[4,45 - 10,39]	292
3	147	98,66	[94,76 - 99,67]	2	1,34	[0,33 - 5,24]	149
4	144	91,14	[85,56 - 94,70]	14	8,86	[5,30 - 14,44]	158
MA	712	95,60	[93,84 - 96,87]	36	4,40	[3,13 - 6,16]	748
Presença de cervídeos							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	146	97,99	[93,91 - 99,35]	3	2,01	[0,65 - 6,09]	149
2	289	98,97	[96,85 - 99,67]	3	1,03	[0,33 - 3,15]	292
3	129	86,58	[80,07 - 91,19]	20	13,42	[8,81 - 19,93]	149
4	98	62,03	[54,19 - 69,28]	60	37,97	[30,72 - 45,81]	158
MA	662	91,93	[90,04 - 93,48]	86	8,07	[6,52 - 9,96]	748
Presença de outros animais silvestres							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	144	96,64	[92,16 - 98,60]	5	3,36	[1,40 - 7,84]	149
2	266	91,10	[87,23 - 93,87]	26	8,90	[6,13 - 12,77]	292
3	148	99,33	[95,35 - 99,91]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
4	138	87,34	[81,16 - 91,70]	20	12,66	[8,30 - 18,84]	158
MA	696	93,79	[91,82 - 95,31]	52	6,21	[4,69 - 8,18]	748

(continuação)

Compra de reprodutores

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	81	54,36	[46,28 - 62,22]	68	45,64	[37,78 - 53,72]	149
2	102	35,05	[29,77 - 40,73]	189	64,95	[59,27 - 70,23]	291
3	83	55,33	[47,27 - 63,13]	67	44,67	[36,87 - 52,73]	150
4	86	54,43	[46,58 - 62,06]	72	45,57	[37,94 - 53,42]	158
MA	352	45,74	[42,12 - 49,40]	396	54,26	[50,60 - 57,88]	748

Compra diretamente de outras fazendas

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	88	59,06	[50,96 - 66,70]	61	40,94	[33,30 - 49,04]	149
2	137	47,24	[41,54 - 53,02]	153	52,76	[46,98 - 58,46]	290
3	106	71,14	[63,32 - 77,87]	43	28,86	[22,13 - 36,68]	149
4	95	60,13	[52,27 - 67,50]	63	39,87	[32,50 - 47,73]	158
MA	426	65,73	[53,07 - 60,32]	320	43,27	[39,68 - 46,93]	746

Compra de comerciantes de gado

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	144	96,64	[92,16 - 98,60]	5	3,36	[1,40 - 7,84]	149
2	262	90,34	[86,36 - 93,26]	28	9,66	[6,74 - 13,64]	290
3	128	85,91	[79,31 - 90,65]	21	14,09	[9,35 - 20,69]	149
4	150	94,94	[90,17 - 97,46]	8	5,06	[2,54 - 9,83]	158
MA	684	90,91	[88,47 - 92,88]	62	9,09	[7,12 - 11,53]	746

Compra em exposição

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	148	99,33	[95,35 - 99,91]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
2	281	96,90	[94,13 - 98,38]	9	3,10	[1,62 - 5,87]	290
3	148	99,33	[95,35 - 99,91]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
4	150	100,00	[97,57 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,43]*	150
MA	727	98,28	[96,92 - 99,05]	11	1,72	[0,95 - 3,08]	738

Compra em leilão e/ou feira

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	147	98,66	[94,76 - 99,67]	2	1,34	[0,33 - 5,24]	149
2	277	95,52	[92,42 - 97,38]	13	4,48	[2,62 - 7,58]	290
3	148	99,33	[95,35 - 99,91]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
4	158	100,00	[97,69 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,31]*	158
MA	730	97,52	[95,99 - 98,47]	16	2,48	[1,53 - 4,01]	746

(continuação)

Venda de reprodutores							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	103	69,13	[61,22 - 76,05]	46	30,87	[23,95 - 38,78]	149
2	150	51,72	[45,96 - 57,45]	140	48,28	[42,55 - 54,04]	290
3	120	80,00	[72,79 - 85,67]	30	20,00	[14,33 - 27,21]	150
4	124	78,48	[71,35 - 84,23]	34	21,52	[15,77 - 28,65]	158
MA	497	64,81	[61,28 - 68,20]	250	35,19	[31,80 - 38,72]	747
Venda diretamente a outras fazendas							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	110	73,83	[66,15 - 80,28]	39	26,71	[19,72 - 33,85]	149
2	183	63,10	[57,38 - 68,48]	107	36,90	[31,52 - 42,62]	290
3	131	87,92	[81,60 - 92,27]	18	12,08	[7,73 - 18,40]	149
4	132	83,54	[76,89 - 88,57]	26	16,46	[11,43 - 23,11]	158
MA	556	73,39	[70,04 - 76,49]	190	26,61	[23,51 - 29,96]	746
Venda a comerciantes de gado							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	143	95,97	[91,30 - 98,19]	6	4,03	[1,81 - 8,70]	149
2	257	88,62	[84,41 - 91,81]	33	11,38	[8,19 - 15,59]	290
3	139	93,29	[87,94 - 96,36]	10	6,71	[3,64 - 12,06]	149
4	151	95,57	[90,97 - 97,88]	7	4,43	[2,12 - 9,03]	158
MA	690	91,89	[89,55 - 93,74]	56	8,11	[6,26 - 10,45]	746
Venda em exposição							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	149	100,00	[97,55 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
2	286	98,62	[96,37 - 99,48]	4	1,38	[0,52 - 3,63]	290
3	149	100,00	[97,55 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
4	158	100,00	[97,69 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,31]*	158
MA	742	99,37	[98,32 - 99,76]	4	0,63	[0,24 - 1,68]	746
Venda em leilão e/ou feira							
Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	149	100,00	[97,55 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
2	284	97,93	[95,46 - 99,07]	6	2,07	[0,93 - 4,54]	290
3	148	99,33	[95,35 - 99,91]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
4	157	99,37	[95,61 - 99,91]	1	0,63	[0,09 - 4,39]	158
MA	738	98,82	[97,62 - 99,42]	8	1,18	[0,58 - 2,38]	746

(continuação)

Presença de aborto na propriedade nos últimos 12 meses

Circuito	Não			Sim			Não sabe			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	126	84,56	[77,80 - 89,54]	22	14,77	[9,90 - 21,45]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	149
2	209	74,91	[69,47 - 79,66]	67	24,01	[19,35 - 29,39]	3	1,08	[0,35 - 3,29]	279
3	115	77,18	[69,72 - 83,24]	22	14,77	[9,90 - 21,45]	12	8,05	[4,62 - 13,68]	149
4	136	88,31	[82,18 - 92,53]	16	10,39	[6,45 - 16,32]	2	1,30	[0,32 - 5,07]	154
MA	586	78,73	[75,43 - 81,69]	127	18,49	[15,72 - 21,63]	18	2,78	[1,76 - 4,39]	731

Destino dado à placenta e feto abortado

Circuito	Não faz nada			Alimenta porco/ cão			Adequado ³			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	136	92,52	[86,96 - 95,82]	0	0,00	[0,00 - 2,48]*	11	7,48	[4,18 - 13,04]	147
2	156	69,03	[62,68 - 74,73]	2	0,88	[0,22 - 3,48]	68	30,09	[24,45 - 36,40]	226
3	123	86,01	[79,27 - 90,82]	1	0,70	[0,10 - 4,84]	19	13,29	[8,62 - 19,93]	143
4	92	58,23	[50,36 - 65,70]	1	0,63	[0,09 - 4,39]	65	41,14	[33,70 - 49,00]	158
MA	507	77,29	[73,97 - 80,29]	4	0,62	[0,22 - 1,72]	163	22,09	[19,12 - 25,38]	674

Local de abate de animais adultos no final da vida reprodutiva

Circuito	Não abate			Local com inspeção			Local sem inspeção			Na fazenda			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	40	26,85	[20,32 - 34,56]	7	4,70	[2,25 - 9,56]	82	55,03	[46,94 - 62,86]	20	13,42	[8,81 - 19,93]	149
2	28	9,69	[6,76 - 13,69]	114	39,45	[33,96 - 45,22]	127	43,94	[38,31 - 49,74]	20	6,92	[4,50 - 10,50]	289
3	39	26,17	[19,72 - 33,85]	23	15,44	[10,46 - 22,20]	53	35,57	[28,27 - 43,61]	34	22,82	[16,76 - 30,28]	149
4	35	22,15	[16,33 - 29,33]	40	25,32	[19,12 - 32,71]	18	11,39	[7,28 - 17,30]	65	41,14	[33,70 - 49,00]	158
MA	142	18,32	[15,69 - 21,30]	184	25,43	[22,44 - 28,67]	280	40,61	[37,03 - 44,29]	139	15,63	[13,27 - 18,33]	745

Aluga pastos de/para terceiros

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	112	75,17	[67,57 - 81,47]	37	24,83	[18,53 - 32,43]	149
2	208	71,48	[66,00 - 76,39]	83	28,52	[23,61 - 34,00]	291
3	126	84,00	[77,20 - 89,06]	24	16,00	[10,94 - 22,80]	150
4	133	84,18	[77,59 - 89,10]	25	15,82	[10,90 - 22,41]	158
MA	579	76,59	[73,29 - 79,60]	169	23,41	[20,40 - 26,71]	748

Presença de pastos em comum com outras propriedades

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	77	51,68	[43,64 - 59,63]	72	48,32	[40,37 - 56,36]	149
2	231	80,49	[75,48 - 84,68]	56	19,51	[15,32 - 24,52]	287
3	122	81,33	[74,25 - 86,81]	28	18,67	[13,19 - 25,75]	150
4	133	84,18	[77,59 - 89,20]	25	15,82	[10,90 - 22,41]	158
MA	563	75,60	[72,38 - 78,56]	181	24,40	[21,44 - 27,62]	744

(continuação)

Presença de áreas alagadiças na propriedade

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	49	32,89	[25,79 - 40,86]	100	67,11	[59,14 - 74,21]	149
2	139	48,60	[42,83 - 54,41]	147	51,40	[45,59 - 57,17]	286
3	74	49,33	[41,38 - 57,32]	76	50,67	[42,68 - 58,62]	150
4	132	83,54	[76,89 - 88,57]	26	16,46	[11,43 - 23,11]	158
MA	394	49,41	[45,75 - 53,08]	349	50,59	[46,92 - 54,25]	743

Presença de piquetes de parição na propriedade

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	117	78,52	[71,17 - 84,41]	32	21,48	[15,59 - 28,83]	149
2	126	43,60	[37,97 - 49,40]	163	56,40	[50,60 - 62,03]	289
3	122	81,33	[74,25 - 86,81]	28	18,67	[13,19 - 25,75]	150
4	122	77,22	[69,99 - 83,12]	36	22,78	[16,88 - 30,01]	158
MA	487	63,10	[59,66 - 66,40]	259	36,90	[33,60 - 40,34]	746

Destino do leite produzido na propriedade

Circuito	Não entrega			Cooperativa/ laticínio			Diretamente ao consumidor			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	137	91,95	[86,32 - 95,38]	1	0,67	[0,09 - 4,65]	11	7,38	[4,12 - 12,87]	149
2	154	55,20	[49,30 - 60,95]	39	13,98	[10,37 - 18,58]	86	30,82	[25,67 - 36,51]	279
3	122	81,33	[74,25 - 86,81]	2	1,33	[0,33 - 5,21]	26	17,33	[12,06 - 24,28]	150
4	126	79,75	[72,72 - 85,33]	2	1,27	[0,31 - 4,95]	30	18,99	[13,58 - 25,90]	158
MA	539	71,47	[68,10 - 74,62]	44	6,88	[5,19 - 9,06]	153	21,65	[18,74 - 24,88]	736

Realiza resfriamento do leite produzido

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	147	99,32	[95,32 - 99,91]	1	0,68	[0,09 - 4,68]	148
2	251	95,08	[91,69 - 97,12]	13	4,92	[2,88 - 8,31]	264
3	149	100,00	[97,55 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,45]*	149
4	151	95,57	[90,97 - 97,88]	7	4,43	[2,12 - 9,03]	158
MA	698	97,24	[95,71 - 98,23]	21	2,76	[1,77 - 4,29]	719

Forma de resfriamento do leite produzido

Circuito	Em tanque próprio			Em tanque coletivo			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	0	0,00	-	0	0,00	-	0
2	2	16,67	[4,18 - 47,85]	10	83,33	[52,15 - 95,82]	12
3	0	0,00	-	0	0,00	-	0
4	5	83,33	[36,63 - 97,74]	1	16,67	[2,26 - 63,37]	6
MA	7	28,05	[12,42 - 51,74]	11	71,95	[48,26 - 87,58]	18

(continuação)

Realiza entrega a granel do leite produzido

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	138	93,24	[87,86 - 96,34]	10	6,76	[3,66 - 12,14]	148
2	189	72,97	[67,22 - 78,05]	70	27,03	[21,95 - 32,78]	259
3	120	80,00	[72,79 - 85,67]	30	20,00	[14,33 - 27,21]	150
4	126	79,75	[72,72 - 85,33]	32	20,25	[14,67 - 27,28]	158
MA	573	79,56	[76,32 - 82,47]	142	20,44	[17,53 - 23,68]	715

Consome leite cru na propriedade

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	121	81,21	[74,09 - 86,72]	28	18,79	[13,28 - 25,91]	149
2	224	80,58	[75,48 - 84,83]	54	19,42	[15,18 - 24,52]	278
3	139	93,92	[88,69 - 96,82]	9	6,08	[3,18 - 11,31]	148
4	155	98,10	[94,25 - 99,39]	3	1,90	[0,61 - 5,75]	158
MA	639	85,90	[83,06 - 88,32]	94	14,10	[11,68 - 16,94]	733

Produz queijo e/ou manteiga na propriedade

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	142	96,60	[92,06 - 98,58]	5	3,40	[1,42 - 7,94]	147
2	226	80,43	[76,89 - 85,94]	55	19,57	[14,06 - 23,11]	281
3	146	100,00	[97,51 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 2,50]*	146
4	126	80,77	[73,79 - 86,24]	30	19,23	[13,76 - 26,21]	156
MA	640	88,42	[85,93 - 90,53]	90	11,58	[9,47 - 14,07]	730

Finalidade da produção de queijo e/ou manteiga

Circuito	Consumo próprio			Venda			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	4	80,00	[30,66 - 97,31]	1	20,00	[2,69 - 69,34]	5
2	36	66,67	[53,13 - 77,92]	18	33,33	[22,08 - 46,87]	54
3	0	0,00	-	0	0,00	-	0
4	29	96,67	[79,64 - 99,54]	1	3,33	[0,46 - 20,36]	30
MA	69	72,77	[61,53 - 81,59]	20	27,30	[18,41 - 38,47]	89

Possui assistência veterinária

Circuito	Não			Sim			Total
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	136	91,28	[85,52 - 94,88]	13	8,72	[5,12 - 14,48]	149
2	223	80,80	[75,70 - 85,04]	53	19,20	[14,96 - 24,30]	276
3	123	82,00	[74,98 - 87,38]	27	18,00	[12,62 - 25,02]	150
4	125	79,11	[72,04 - 84,78]	33	20,89	[15,22 - 27,96]	158
MA	607	82,95	[79,93 - 85,61]	126	17,05	[14,39 - 20,07]	733

(conclusão)

Tipo de assistência veterinária adotada							Total
Circuito	Particular			Cooperativa			
	n	%	IC 95% (%)	n	%	IC 95% (%)	
1	9	69,23	[40,79 - 88,02]	4	30,77	[11,98 - 59,21]	13
2	46	100,00	[92,29 - 100,00]*	0	0,00	[0,00 - 7,71]*	46
3	24	88,89	[70,54 - 96,39]	3	11,11	[3,61 - 29,46]	27
4	31	93,94	[78,65 - 98,49]	2	6,06	[1,51 - 21,35]	33
MA	110	92,70	[86,23 - 96,26]	9	7,30	[3,74 - 13,77]	119

* IC calculado através do programa Epi Info 6.04 (CDC, 2001): IC 95% (distribuição binomial exata).

¹ Tipo de ordenha mecânica inclui as categorias ao pé e em sala de ordenha.

² Categoria zebuínas inclui a opção zebu; categoria taurinas inclui as opções europeu de corte e europeu de leite; e, categoria outras inclui as opções mestiço e outras raças.

³ Destino adequado para a placenta e feto abortado corresponde a opção enterra, joga em fossa e/ou queima.

Ressalta-se que diferenças encontradas no número (n) de algumas variáveis apresentadas estão relacionadas às respostas conferidas pelos entrevistados durante a aplicação do questionário epidemiológico ou a erros na digitação do banco de dados, e que não puderam ser corrigidas. Como exemplo, nota-se que o número total de respostas para a variável “Tipo de assistência veterinária adotada”, no circuito produtor 2 ($n = 46$), não corresponde ao número de respostas positivas para a variável anterior, “Possui assistência veterinária”, no circuito 2 ($n = 53$).

4.2.2 Variáveis quantitativas

A tabela 3 apresenta as frequências e intervalos de confiança das variáveis quantitativas analisadas no estudo.

Tabela 3 - Mediana e intervalo interquartil das variáveis quantitativas nos circuitos produtores e no estado do Maranhão

Variáveis quantitativas	Circuito produtor				MA
	1	2	3	4	
Número de vacas em lactação	0 [0 - 1]	7 [0 - 20]	0 [0 - 3,5]	2 [0 - 10]	1 [0 - 10]
Produção diária de leite (litros)	0 [0 - 1]	19 [0 - 70]	0 [0 - 10]	6 [0 - 30]	0 [0 - 30]
Fêmeas bovinas de 0-6 meses	0 [0 - 2]	3 [0 - 10,25]	0 [0 - 2]	1 [0 - 3]	1 [0 - 5]
Fêmeas bovinas de 6-12 meses	0 [0 - 2]	6 [1 - 20]	1 [0 - 4]	3 [0 - 11]	2 [0 - 10]
Fêmeas bovinas de 12-24 meses	1 [0 - 5]	10 [2 - 30]	2 [0 - 7]	4 [0 - 10]	4 [0 - 14,75]
Fêmeas bovinas ≥ 24 meses	7 [3 - 23,5]	36,5 [15 - 100]	8 [4 - 24]	20 [6 - 73,5]	19 [6 - 54]
Machos bovinos de 0-6 meses	0 [0 - 2]	2 [0 - 10]	0 [0 - 2]	1 [0 - 3]	1 [0 - 5]
Machos bovinos de 6-12 meses	2 [0 - 7,25]	2 [0 - 2]	6 [0,75 - 20]	1 [0 - 4]	2 [0 - 9]
Machos bovinos de 12-24 meses	0 [0 - 2]	3 [0 - 15]	1 [0 - 4,75]	0 [0 - 3]	1 [0 - 6]
Machos bovinos ≥ 24 meses	2 [0 - 5]	2,5 [1 - 11]	2 [1 - 6,5]	1 [1 - 4]	2 [1 - 6]
Machos bovinos castrados	-	-	-	-	-*

* Foram observados 134 propriedades com bovinos machos castrados, variando de 1 a 3889 animais.

Os gráficos de 1 a 6 apresentam a distribuição em quartis das variáveis quantitativas estudadas em cada circuito produtor. Valores aberrantes são identificados com o símbolo de asterisco (*).

Gráfico 1 - Número de vacas em lactação e produção de leite (litros) nas propriedades amostradas no estado do Maranhão, respectivamente, por circuito produtor

Gráfico 2 - Número de fêmeas bovinas de 0 a 6 e de 6 a 12 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor

Gráfico 3 - Número de fêmeas bovinas de 12 a 24 e ≥ 24 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor

Gráfico 4 - Número de machos bovinos de 0 a 6 e de 6 a 12 meses de idade, respectivamente, por circuito produtor

Gráfico 5 - Número de machos bovinos de 12 a 24 e ≥ 24 meses de idade, respectivamente, por circuito produto

Gráfico 6 - Número de machos bovinos castrados, por circuito produtor

4.3 CÁLCULOS DE PREVALÊNCIA

Os resultados dos cálculos da prevalência aparente de propriedades e animais positivos para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado do Maranhão são apresentados nas tabelas 4 a 6. Os valores de ponderação calculados para cada circuito na análise de prevalência das propriedades foram: 127,22 (circuito 1), 158,42 (circuito 2), 166,24 (circuito 3) e 65,25 (circuito 4). Na análise de prevalência de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses soropositivas para a brucelose, os valores de ponderação variaram para cada propriedade estudada.

Tabela 4 - Prevalência aparente de propriedades positivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado do Maranhão

Circuito produtor	Propriedades		Prevalência aparente (%)	IC 95% (%)
	Testadas	Positivas		
1	149	6	4,02	[1,81 - 8,70]
2	292	53	18,15	[14,12 - 23,01]
3	150	12	8,00	[4,58 - 13,59]
4	158	5	3,16	[1,31 - 7,40]
MA	749	76	11,42	[9,23 - 14,06]

Tabela 5 - Prevalência aparente (PA) de propriedades positivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores, estratificada por tipo de exploração

Circuito produtor	Corte			Leite			Misto		
	n	PA (%)	IC 95% (%)	n	PA (%)	IC 95% (%)	n	PA (%)	IC 95% (%)
1	1/76	1,32	[0,18 - 8,83]	1/2	50,00	[5,81 - 94,19]	4/71	5,63	[2,12 - 14,13]
2	18/95	18,95	[12,26 - 28,12]	5/58	8,62	[3,62 - 19,14]	30/135	22,22	[15,98 - 30,03]
3	3/85	3,53	[1,14 - 10,43]	5/17	29,41	[12,74 - 54,31]	4/48	8,33	[3,15 - 20,27]
4	1/83	1,20	[0,17 - 8,13]	0/10	0,00	[0,00 - 30,45]*	4/65	6,15	[2,32 - 15,34]

* IC calculado através do programa Epi Info 6.04 (CDC, 2001): IC 95% (distribuição binomial exata).

Tabela 6 - Prevalência aparente de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses soropositivas para a brucelose bovina nos circuitos produtores e no estado do Maranhão

Circuito produtor	Animais		Prevalência aparente (%)	IC 95% (%)
	Testados	Positivos		
1	1.047	6	0,70	[0,27 - 1,84]
2	3.282	85	3,16	[2,08 - 4,78]
3	1.098	14	1,99	[0,60 - 6,31]
4	1.352	7	0,76	[0,29 - 1,94]
MA	6.779	112	2,52	[1,73 - 3,65]

4.4 ANÁLISE DE FATORES DE RISCO

Os resultados da análise univariada e o modelo final de regressão logística multivariada de fatores de risco para a brucelose bovina no estado do Maranhão são apresentados nas tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 7 - Análise univariada de fatores de risco para a brucelose em rebanhos bovinos com atividade reprodutiva no estado do Maranhão

Variável	Expostos / casos	Expostos / controles	P
Rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade $\geq$ 24 meses ¹	40/76	148/673	< 0,001
Rebanho bovino com mais de 142 animais ¹	37/76	150/673	< 0,001
Ausência de piquete de parição na propriedade	32/75	455/671	< 0,001
Não vacina contra a brucelose ²	56/74	583/665	0,004
Exploração de corte ³	23/76	316/669	0,005
Exploração misto ⁴	42/76	277/669	0,021
Aluga pastos de/para terceiros	25/76	144/672	0,023
Compra de reprodutores	49/76	347/672	0,034
Ausência de assistência veterinária	56/75	551/658	0,049
Local de abate de animais reprodutores ⁵	8/76	131/673	0,057
Presença de áreas alagadiças na propriedade	43/75	306/668	0,058
Inseminação artificial ⁶	5/75	18/668	0,072
Presença de equinos	65/76	515/673	0,075
Presença de capivaras	6/76	30/672	0,250
Presença de pasto em comum com outras propriedades	15/76	166/668	0,325
Destino da placenta e feto abortado ⁷	45/63	466/611	0,393
Exploração de leite ⁸	11/76	76/669	0,423
Presença de animais silvestres	9/76	63/673	0,487
Criação confinado ou semiconfinado ⁹	22/76	171/671	0,513
Presença de aves	62/76	528/673	0,528
Presença de suínos	28/76	272/673	0,547
Presença de ovinos e caprinos	19/76	150/673	0,592
Presença de cães	57/76	486/673	0,606
Presença de gatos	37/76	348/673	0,617
Presença de cervídeos	10/76	76/672	0,632
Presença de outros animais silvestres	6/76	46/672	0,733
Ocorrência de aborto nos últimos 12 meses ¹⁰	15/72	130/659	0,823

¹ 3º quartil

² sim, fêmeas até 8 meses x sim, qualquer idade + não (risco)

³ leite + misto x corte (risco)

⁴ corte + leite x misto (risco)

⁵ não abate + estabelecimento com inspeção + estabelecimento sem inspeção x abate na fazenda (risco)

⁶ não usa IA x usa IA + usa IA e touro (risco)

⁷ enterra/joga em fossa/queima x alimenta porco/cão + não faz nada (risco)

⁸ corte + misto x leite (risco)

⁹ extensivo x confinado + semiconfinado (risco)

¹⁰ não x sim + não sabe (risco)

Tabela 8 - Modelo final de regressão logística multivariada de fatores de risco (*odds ratio*) para a brucelose em rebanhos bovinos com atividade reprodutiva no estado do Maranhão

Variável	<i>Odds ratio</i>	IC 95% (%)	<i>P</i>
Rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses	4,079	[2,474 - 6,728]	<0,001
Exploração de corte	0,447	[0,262 - 0,764]	0,003
Aluga pastos de/para terceiros	1,830	[1,070 - 3,129]	0,027
Presença de áreas alagadiças na propriedade	1,663	[1,008 - 2,744]	0,046

2
Coeficiente de determinação (r^2) = 12,8%

A análise da área sob a curva ROC apresentou um valor igual a 0,73 (Figura 6). Este resultado indica que o modelo final de regressão logística de fatores de risco proposto para o estado do Maranhão apresenta um moderado poder em discriminar corretamente as propriedades positivas e negativas amostradas no estado.

Figura 6 - Curva ROC para o modelo final de fatores de risco no estado do Maranhão

As variáveis identificadas como fatores de risco para a brucelose em cada circuito produtor de bovinos oriundos da estratificação do estado foram:

1. criação confinado ou semiconfinado (*odds ratio* (OR) = 22,833 [IC 95% (%) = 3,786 - 137,722], $P = 0,001$), no circuito 1 ($r^2 = 22,3\%$);
2. rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses (OR = 3,279 [1,769 - 6,078], $P = <0,001$), no circuito 2 ($r^2 = 10,7\%$);
3. exploração de leite (OR = 7,500 [2,062 - 27,284], $P = 0,002$), no circuito 3 ($r^2 = 12,4\%$);
4. presença de animais silvestres (OR = 9,909 [1,077 - 91,154], $P = 0,043$), no circuito 4 ($r^2 = 13,8\%$).

4.5 ANÁLISES ESPACIAIS

4.5.1 Análise descritiva

A distribuição espacial das propriedades, segundo às variáveis associadas à presença de foco de brucelose bovina na análise univariada para o estado do Maranhão, assim como, daquelas identificadas como fatores de risco nos circuitos produtores (análise multivariada) são apresentadas nas figuras 7 a 20. A figura 21 apresenta a distribuição das propriedades amostradas nos circuitos produtores maranhenses conforme sua condição sanitária em relação à brucelose bovina.

Sempre que aplicável, convencionou-se representar com a cor vermelha as propriedades que continham categorias associadas ao risco de ocorrência da doença e, com a coloração verde, àquelas que não representaram risco.

Figura 7 - Tipos de sistema de exploração nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 8 - Tipos de sistema de criação nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 9 - Utilização de inseminação artificial (IA) nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 10 - Realização de vacinação contra a brucelose nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 11 - Presença de equinos nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 12 - Presença de animais silvestres nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 13 - Realiza compra de animais reprodutores nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 14 - Local de abate de animais reprodutores nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 15 - Aluguel de pastos de/para terceiros nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 16 - Presença de áreas alagadiças nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 17 - Presença de piquetes de parição nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 18 - Presença de assistência veterinária nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 19- Número total de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 20 - Tamanho do rebanho nas propriedades amostradas no Maranhão, por circuito produtor

Figura 17 - Condição sanitária das propriedades criadoras de bovinos amostradas no Maranhão, por circuito produtor

4.5.2 Análise de prevalência

A figura 22 apresenta a distribuição espacial de prevalência de focos da brucelose bovina no estado do Maranhão. Uma pequena área no noroeste do estado composta por quatro propriedades amostradas, das quais três foram classificadas como foco da doença, apresentou um valor significativo de prevalência de brucelose ($P < 0,05$).

Figura 18 - Variação espacial da prevalência da brucelose em rebanhos bovinos no Maranhão (número de rebanhos positivos por mil rebanhos por Km²). O contorno preto no limite noroeste do estado mostra uma área de significativo excesso da doença ($P < 0,05$)

4.5.3 Análise de efeitos de primeira e segunda ordem

O semivariograma calculado usando os resíduos do modelo de regressão logística forneceu pequenas evidências de autocorrelação espacial residual de brucelose em propriedades amostradas no estado em distâncias de 0 a 10 km, uma vez que poucos pontos (3 e 5,5 Km, aproximadamente) foram observados fora dos envelopes superior e inferior de simulação e o semivariograma residual foi essencialmente plano (Figura 23a).

A superfície de densidade de kernel dos resíduos do modelo de regressão logística é apresentada na figura 23b. Esta superfície mostra a distribuição das propriedades criadoras de bovinos amostradas no Maranhão conforme uma escala de valores negativos e positivos (-3 a 6), que correspondem, respectivamente, a áreas de sub e sobre risco, significativamente diferentes da média obtida pelo modelo de regressão logística. Uma área de maior risco da doença foi identificada a norte do centro do estado, onde a presença de brucelose não foi totalmente explicada pelas variáveis presentes no modelo final de fatores de risco.

Figura 23 - (a) Semivariograma omnidirecional dos resíduos do modelo de regressão logística (RL). Pontos localizados fora dos envelopes de simulação indicam a presença de autocorrelação espacial entre rebanhos bovinos amostrados no Maranhão. (b) Variação espacial dos resíduos do modelo de RL. Sinais positivos correspondem a áreas onde o número de focos de brucelose foi superior ao previsto pelo modelo. Sinais negativos são áreas onde o número de focos da doença foi menor do que o previsto pelo modelo

DISCUSSÃO

DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

As análises realizadas durante este estudo objetivaram caracterizar a prevalência da brucelose bovina no estado do Maranhão, assim como, verificar a existência de associação entre variáveis explicativas e a ocorrência da doença, indicando áreas onde medidas de controle devam ser preferencialmente implementadas. Apesar do intervalo de tempo existente entre a coleta dos dados (fevereiro de 2007 a março de 2009) e o término das análises (agosto de 2011), pode-se considerar que os resultados obtidos, através de um trabalho bem estruturado e conduzido pelas partes envolvidas no mesmo, fornecem uma correta descrição da situação epidemiológica da brucelose bovina no Maranhão.

Outra limitação encontrada durante a análise e interpretação dos dados refere-se à presença de possíveis respostas enviesadas fornecidas aos técnicos da AGED durante a aplicação do questionário epidemiológico nas propriedades criadoras de bovinos. A obtenção de respostas menos acuradas pode ser oriunda da falta de entendimento ou informação, por parte dos entrevistados, a respeito das perguntas realizadas, bem como, pode ser influenciada pela forma na qual os entrevistadores conduzem a aplicação do questionário (THRUSFIELD, 2005). Dessa maneira, a aplicação de um treinamento prévio às equipes responsáveis pela coleta dos dados visou diminuir a ocorrência de respostas enviesadas.

Pequenas correções, devido a erros de preenchimento ou presença de respostas incoerentes, tiveram que ser realizadas no banco de dados repassado pelos técnicos da AGED. O critério adotado para estas correções buscou evitar a presença de respostas incoerentes, após o confrontamento de algumas variáveis, como por exemplo: número de ordenhas x tipo de ordenha; compra de animais reprodutores x origem da compra; e, presença de assistência veterinária x tipo de assistência. Se um entrevistado respondeu, na pergunta 18 do questionário, que não realizava a compra de animais com finalidade reprodutiva, para na pergunta 19 afirmar que comprava animais diretamente de outras propriedades produtoras de bovinos, a resposta referente à pergunta 18 foi corrigida para sim (1). Nos casos em que o entrevistado afirmou que comprava animais, mas não declarou sua origem (diretamente de outras fazendas, de comerciantes de gado, em exposição, em leilão e/ou feira), não foi possível alterar a resposta da pergunta 19.

As informações obtidas nas propriedades amostradas através da aplicação do questionário permitiram traçar o perfil de cada circuito produtor de bovinos, bem como, do estado do Maranhão (Tabela 2). A atividade pecuária no estado, no que diz respeito à criação de bovinos, é caracterizada por uma exploração pecuária do tipo corte (44,34%) e mista (42,71%), com um sistema de criação predominantemente extensivo (74%). A exploração do tipo leite não aparenta ser representativa no estado (12,94%), sendo mais frequente entre as propriedades que compõe o circuito 2. Entre as propriedades amostradas, metade não realiza ordenhas diárias (50,94%), sendo que dentre as que o fazem, a ordenha manual é o tipo mais utilizado (47,22%). Grande parte das propriedades não entrega o leite produzido (71,47%) e não produz queijo ou manteiga (88,42%). O consumo de leite cru é um hábito alimentar pouco comum (14,10%) nas propriedades estudadas, sendo que o maior número de observações foi realizado nos circuitos produtores 1 e 2. Este resultado é importante, uma vez que o consumo de leite não pasteurizado é considerado um fator de risco associado à brucelose em humanos (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN, FERREIRA NETO, 2003; CORBEL, 2006).

As raças de bovinos predominantes no estado correspondem às opções mestiço e outras raças (71,83%), presentes no questionário epidemiológico. Zebuínos representam 25,12% das propriedades amostradas e taurinos (raças europeias de corte e leite), somente 3,05%. No presente estudo foram amostradas 23 propriedades que criavam rebanhos bubalinos, sendo que destas, 11 também eram compostas por rebanhos bovinos. As propriedades criadoras de bubalinos foram observados nos circuitos 1 ($n = 20$), 2 ($n = 2$) e 3 ($n = 1$). A criação de búfalos no Maranhão, iniciada na década de 1970 através de incentivos governamentais, é uma atividade desenvolvida de maneira extensiva, principalmente na região norte do estado, favorecida pelas características de clima e solo da região (BRASIL, 2001).

Ao analisar os valores das variáveis quantitativas estudadas (Tabela 3), observa-se que as propriedades criadoras de bovinos no Maranhão são geralmente compostas por rebanhos pequenos, a exceção dos circuitos 2 e 4, onde se localizam as propriedades rurais de maior tamanho, conforme descrições de literatura (BRASIL, 2001; PORRO; MESQUITA; SANTOS, 2004; MESQUITA, 2008). As variáveis relacionadas à movimentação de animais no estado indicam que 54,26% das propriedades amostradas compram reprodutores, sendo que destas, 43,27% o fazem diretamente de outras fazendas. Quanto à venda de reprodutores, 35,19% das propriedades afirmam que vendem seus animais, sendo que 26,61% das vendas são realizadas diretamente entre propriedades criadoras de bovinos. As maiores frequências de compra e venda de animais reprodutores foram observadas no circuito 2 (64,95% e 48,28%, respectivamente).

Quanto à presença de outras espécies animais (domésticas e/ou silvestres) nas propriedades, destacam-se as altas frequências de aves (77,67%), cães (72,22%) e equinos (76,07%). A prática de aluguel de pastos de/para terceiros (23,41%), pastos comuns com outras propriedades (24,40%) e presença de piquetes de parição (36,90%) não são comuns no Maranhão. Todavia, o circuito 1 apresentou uma frequência elevada de pastos em comum entre propriedades, bem como, no circuito 2 foi observada maior frequência de propriedades que utilizam piquetes de parição. A presença de áreas alagadiças foi confirmada por 50,59% dos entrevistados, sendo mais comumente relatada no circuito produtor 1, localizado na região onde está a maior parte dos campos inundáveis do estado (BRASIL, 2001).

Quanto à análise das variáveis qualitativas diretamente relacionadas ao manejo sanitário do rebanho bovino no estado, observou-se que 96,49% das propriedades não utilizam inseminação artificial em seus animais, o que diminui o risco de infecção por *B. abortus* (ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Dentre as propriedades amostradas, 18,49% relataram a ocorrência de aborto nos 12 meses anteriores à aplicação do questionário epidemiológico e somente 22,09% dos entrevistados afirmaram que dão destino adequado (enterra, joga em fossa ou queima) à placenta e feto abortado. Embora poucos entrevistados tenham relatado a ocorrência de aborto, este resultado pode estar subrepresentado, pois a identificação de problemas sanitários pode ser mais difícil dependendo do tamanho do rebanho e do manejo adotado (NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990). O fato de 77,29% das propriedades não darem qualquer destino aos produtos do aborto também é preocupante, pois esta conduta aumenta o risco de contaminação ambiental e o contato destes materiais biológicos com animais suscetíveis (CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990).

Mais da metade dos entrevistados (56,24%) admitem que abatem seus animais na própria fazenda (15,63%) ou em estabelecimentos sem inspeção veterinária (40,61%). A aplicação de vacina contra a brucelose bovina não é realizada em 85,39% das propriedades mostradas, embora 25,44% das propriedades do circuito 2 vacinem animais até 8 meses de idade. Observou-se que 79,83% das propriedades não realizam testes diagnósticos para a brucelose bovina.

Segundo Paulin e Ferreira Neto (2003), preconiza-se que, em situações de prevalência elevada, deve-se obter uma cobertura vacinal mínima de 80% ao ano, para que a doença possa ser reduzida a níveis de 2% de prevalência, permitindo a adoção de medidas como o diagnóstico e abate sanitário de animais reagentes. Amaku et al. (2009) concluiu, com base em simulações realizadas com dados da brucelose bovina no estado de São Paulo, que para coberturas vacinais acima de 70%, o tempo para reduzir a prevalência da doença a 2% é da ordem de 10 anos.

Por fim, observou-se que a utilização de assistência veterinária é realizada somente por 17,05% das propriedades, sendo que o tipo de assistência particular (92,70%) é mais empregado no estado. A falta de acesso à assistência técnica, ou a não utilização de assistência quando disponível, pode ser interpretada como um importante entrave ao controle de problemas sanitários no rebanho maranhense. Este resultado corrobora com os dados dos Censos Agropecuários de 1995-1996 e 2006, os que revelaram que poucos estabelecimentos rurais no estado admitiam efetuar controle de doenças em seus animais (BRASIL, 2001; IBGE, 2006).

Apesar de terem sido utilizados os cadastros de produtores de bovinos e de bubalinos para o cálculo da amostra, a desigualdade observada no tamanho dos efetivos destas espécies no Maranhão teve reflexo na caracterização da amostra. Embora as propriedades tenham sido sorteadas aleatoriamente, o estudo amostral mostrou-se somente adequado para a estimativa da prevalência de brucelose em rebanhos bovinos. Das 23 propriedades criadoras de búfalos amostradas, somente uma foi classificada como foco de brucelose. No entanto, esta propriedade apresentou uma criação consorciada de bubalinos e bovinos, sendo que o único animal positivo amostrado correspondeu a uma fêmea bovina. Uma alternativa para se estimar a prevalência de brucelose em bubalinos seria o delineamento de um estudo direcionado à espécie, principalmente no norte do estado, o qual corresponde à principal região produtora de búfalos.

A prevalência aparente de focos de brucelose no estado do Maranhão foi de 11,42% (9,23 - 14,06%). Ao comparar as prevalências entre os circuitos produtores, através do teste binomial de duas proporções, realizado no programa Minitab 16 (MINITAB, 2010) observou-se diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre o circuito 2 e os demais circuitos (Tabela 4). A prevalência aparente de fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses soropositivas para brucelose no estado foi de 2,52% (1,73 - 3,65%). Novamente observou-se diferença significativa entre o circuito 2 e os demais circuitos (Tabela 6).

A prevalência aparente de focos da doença no estado, estratificada pelo tipo de exploração, apresentou diferença significativa entre o circuito 2 e os demais circuitos para as explorações do tipo corte e misto. Dado o perfil das propriedades amostradas no estado (44,34% do tipo corte e 42,71% do tipo misto), este resultado corrobora com as diferenças observadas na prevalência de focos descrita no parágrafo anterior. Para a exploração do tipo leite, na qual os circuitos 1 e 4 tiveram poucas propriedades amostradas, observou-se diferença entre os circuitos 2 e 3. Não foi possível calcular a prevalência total de focos no Maranhão, estratificada pelo tipo de exploração pecuária, uma vez que a metodologia adotada no presente estudo para o cálculo de prevalências não se aplica a uma amostra menos precisa, oriunda da estratificação das propriedades nas categorias corte, leite e misto.

Em resumo, os resultados demonstram que o estado do Maranhão caracteriza-se por uma elevada prevalência de brucelose bovina, com semelhantes números de focos e animais soropositivos nos circuitos produtores, à exceção do circuito 2, que apresentou valores de prevalência significativamente maiores que os circuitos 1, 3 e 4. Este resultado pode ser, em parte, explicado pelo fato de que nesta região do estado concentram-se propriedades de maior tamanho e densidade animal

(BRASIL, 2001; PORRO; MESQUITA; SANTOS, 2004; MESQUITA, 2008), cujo manejo adotado, como uma maior movimentação de animais devido ao comércio entre propriedades, aliado a baixas frequências de vacinação e realização de testes diagnósticos para a brucelose, bem como, pouca utilização de assistência veterinária, favorecem a ocorrência e difusão da doença.

Além do mais, nesta parte do território maranhense ocorre uma maior circulação de animais entre propriedades localizadas nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins¹. Ogata et al. (2009) observou uma elevada prevalência de focos de brucelose bovina (37,63% [32,08 - 43,43%]) e de animais soropositivos (8,54% [5,89 - 11,18%]) na região de Araguatins, estado do Tocantins, que faz fronteira com circuito 2 maranhense. A ocorrência de trocas comerciais de bovinos nesta região pode auxiliar na explicação das altas prevalências encontradas tanto no estado do Maranhão quanto no Tocantins.

Dada a inexistência de dados na literatura sobre a situação da brucelose bovina para todo o estado do Maranhão, não há como traçar um comparativo entre os resultados obtidos e outros trabalhos realizados em algumas regiões do estado (SANTOS et al., 2007; SILVA et al., 2009; SANTANA, 2010). A comparação das prevalências observadas no Maranhão com as prevalências obtidas nos demais estados das regiões Norte e Nordeste, que tendem a apresentar características de produção e situação cultural e socioeconômica mais próxima do Maranhão, mostra que o estado apresenta prevalências menores que os estados do Tocantins (OGATA et al., 2009) e Rondônia (VILLAR et al., 2009), mas superiores à Bahia (ALVES et al., 2009) e sertão do Pernambuco (FREITAS et al., 2011).

A análise univariada de fatores de risco indicou quais variáveis explicativas mostraram-se associadas à ocorrência de brucelose bovina nas propriedades amostradas (Tabela 7). Dentre elas, algumas são descritas como importantes fatores de risco para a brucelose em rebanhos bovinos: ausência de piquete de parição na propriedade, não realização de vacinação contra a brucelose, exploração do tipo corte, compra de reprodutores e uso de inseminação artificial (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; SALMAN; MEYER, 1984; NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

O modelo final de regressão logística identificou como fatores de risco associados à condição de foco de brucelose bovina no Maranhão as variáveis: rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses, aluguel de pastos de/para terceiros e presença de áreas alagadiças na propriedade. Exploração de corte mostrou ser um fator protetor para a brucelose no estado. A capacidade do modelo de regressão logística em discriminar corretamente as propriedades positivas e negativas amostradas no Maranhão foi analisada através da área sob a curva ROC (AUC). O resultado obtido ($AUC = 0,73$) indica que o modelo final de fatores de risco proposto para o estado apresenta um moderado poder discriminatório. Este resultado indica que, embora o risco de brucelose realmente aumente com a presença das variáveis explicativas que compõem o modelo final, outros fatores além daqueles presentes no questionário epidemiológico aplicado nas propriedades amostradas e incluídos na análise de fatores de risco, também poderiam explicar a ocorrência da doença no estado.

Verificou-se que as propriedades cujos rebanhos bovinos eram compostos por mais de 54 fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses apresentaram três vezes mais chances ($OR = 4,079$) de serem focos de brucelose em comparação a propriedades compostas por rebanhos menores de fêmeas.

1

Informação fornecida por SANTANA, S. S., em 15 de Setembro de 2010 na cidade de São Luiz, MA.

A associação entre o tamanho do rebanho bovino e a presença de brucelose foi demonstrada em outros estudos (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; NICOLETTI, 1980; KADOHIRA et al., 1997; LEE et al., 2009). Embora este resultado possa ser, em parte, devido ao reflexo de um número maior de animais testados (MARTIN; SHOUKRI; THORBURN, 1992), ele também pode ser explicado por: (i) uma associação positiva entre o tamanho do rebanho e a compra de animais de reposição provenientes de fontes externas, o que aumenta a probabilidade de introdução de animais infectados, (ii) maior número de problemas relacionados ao controle sanitário, que acontecem mais comumente em rebanhos maiores em comparação com rebanhos menores, e (iii) aumento da difusão da doença como resultado de maiores oportunidades de interação entre a população em risco, particularmente em áreas de maior concentração de animais (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; NICOLETTI, 1980; SALMAN; MEYER, 1984; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990).

Christie (1969) observou que o aumento do tamanho do rebanho resulta em maior probabilidade de ocorrência da brucelose bovina e de persistência de infecção, levando ao aumento da prevalência e da dificuldade de erradicação da doença. Stringer et al. (2008) observou em recente estudo epidemiológico observacional, que bovinos oriundos de rebanhos infectados pela brucelose apresentaram 19 vezes mais chances de serem soropositivos, quando comparados com animais provenientes de rebanhos livres da doença. Estes resultados corroboram com a hipótese de que a brucelose está presente em propriedades maiores no estado, onde há maior densidade animal e troca comercial de bovinos.

A prática de aluguel de pasto de/para terceiros pode favorecer o contato dos animais com ambientes previamente contaminados. Neste caso, o principal risco de infecção por *B. abortus* está relacionado à contaminação ambiental por produtos de abortos, os quais dependendo das condições ambientais, podem manter o agente infeccioso viável em ambientes externos por até 180 dias (CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Além do mais, a prática de aluguel de pasto pode permitir que uma população livre da doença entre em contato com outra infectada, embora este tipo de manejo (mistura de lotes de animais provenientes de diferentes propriedades) não seja comumente praticado. Além do Maranhão, a variável aluguel de pasto foi considerada um fator de risco associado à condição de foco de brucelose bovina nos estudos realizados nos estados do Paraná (DIAS et al., 2009) e Rio de Janeiro (KLEIN-GUNNEWIEK et al., 2009).

A sobrevivência da *B. abortus* no ambiente é ampliada pela presença de umidade (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003) e quanto maior a sobrevivência no ambiente, maior é a chance do agente infectar outros animais suscetíveis. Também cabe salientar que locais onde existe disponibilidade de recursos hídricos (áreas alagadiças, bebedouros, córregos ou rios) tendem a propiciar maior concentração de animais, aumentando o número de interações entre os mesmos. Desta maneira, a presença de áreas alagadiças nas propriedades pode favorecer a difusão da doença. Alves et al. (2009) também identificou, no estado da Bahia, a variável presença de áreas alagadiças na propriedade como um fator de risco para a brucelose.

Todavia, a variável exploração de corte apresentou-se como um fator protetor à condição de foco de brucelose. Este resultado difere dos resultados obtidos na análise de fatores de risco de alguns dos demais estados analisados, nos quais a variável comportou-se com um fator de risco associado à doença (MARVULO et al., 2009; NEGREIROS et al., 2009; VILLAR et al., 2009). Esta discrepância de resultados pode ser explicada pelo fato das propriedades de corte amostradas no presente estudo apresentarem um número menor de fêmeas em comparação às propriedades de exploração mista e leite, medianas iguais a 15, 20 e 30, respectivamente. Assim, a característica relevante seria o tamanho do rebanho e não o tipo de exploração, conforme relatado por Kellar, Marra e Martin (1976) e Nicoletti (1980).

Um modelo final de regressão logística de fatores de risco foi obtido para cada circuito produtor de bovinos no Maranhão. Contudo, estes resultados devem ser interpretados de maneira cautelosa, uma vez que a estratificação da amostra em circuitos produtores leva a uma diminuição no número de dados por circuito, tornando a amostra de cada circuito menos precisa.

No circuito 1, a variável tipo de criação confinado ou semiconfinado foi identificada como fator de risco de brucelose. A proximidade entre animais infectados e suscetíveis, criados nos sistemas citados, pode favorecer a ocorrência da doença em rebanhos bovinos (CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990). No circuito 2, rebanhos bovinos com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses apresentaram duas vezes mais chances ($OR = 3,279$) de serem foco de brucelose. Este dado corrobora com o resultado obtido na análise de fatores de risco para todo o estado, bem como, com a hipótese de que a doença é mais frequente nas propriedades de maior tamanho no estado, localizadas principalmente no circuito 2. Este modelo, composto de maior número de observações, pode ser considerado o mais preciso dentre os modelos de fatores de risco para os circuitos produtores.

No circuito 3, a variável exploração de leite está associada à ocorrência de foco da doença. Tal resultado poderia ser explicado pelo fato de propriedades leiteiras adotarem um sistema de criação confinado ou semiconfinado, aumentando a proximidade entre os animais, bem como, a adoção de práticas de manejo que estimulam a introdução de animais oriundos de fontes externas (CHRISTIE, 1969; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990). No circuito 4, observou-se que a presença de animais silvestres aumenta o risco da doença em rebanhos bovinos. Diferentes autores destacam que a presença de reservatórios naturais, representados pelos animais silvestres, desempenham um importante papel na epidemiologia da brucelose, pois permitem a manutenção e difusão do agente infeccioso no ambiente (NICOLETTI, 1980; ACHA; SZYFRES, 2001; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

As análises espaciais apresentados neste trabalho foram desenvolvidas para investigar a distribuição da brucelose bovina nas propriedades amostradas no estado do Maranhão. Os resultados obtidos permitiram observar o padrão espacial da doença, assim como, de seus possíveis determinantes, proporcionando informações que poderão direcionar melhor futuras investigações epidemiológicas e intervenções de controle da doença no estado.

A análise espacial descritiva da condição sanitária das propriedades amostradas no Maranhão, mostra que os focos de brucelose bovina estão espalhados por todo o estado (Figura 21). Além de qualquer possível influência do quadro amostral e método de seleção adotado, foi identificada uma área de aglomeração de rebanhos positivos no centro do estado. Quase a totalidade destes rebanhos estão localizados na região do circuito produtor 2, cujas propriedades tendem a apresentar semelhantes sistemas de criação e manejo, tamanho médio de rebanho e comércio de animais entre fazendas.

A figura 22 apresenta a distribuição espacial de prevalência de focos de brucelose bovina. Nota-se que a doença apresenta um padrão de distribuição heterogêneo ao longo da área geográfica do estado, reforçando o resultado da análise espacial descritiva (Figura 21). Áreas com maior variação de prevalência foram observadas no centro do estado e nas regiões leste (fronteira com o estado do Piauí) e noroeste (fronteiras com o Pará e Tocantins). Dentre estas áreas, observou-se um significativo excesso de brucelose na fronteira noroeste do estado, onde três de quatro propriedades amostradas foram classificadas como foco da doença. Embora esta área possa ser um reflexo do processo amostral, ela pode sugerir que algum fator semelhante entre estes rebanhos está relacionado à ocorrência da brucelose.

Segundo as informações obtidas a partir da aplicação do questionário epidemiológico, estas propriedades apresentaram sistemas de produção do tipo carne, leite, ou misto, cujo tamanho dos rebanhos variou de 30 a 1346 bovinos (14 a 578 fêmeas com idade ≥ 24 meses), com utilização de pastagens alugadas ($n = 2 / 4$), presença de área alagadiças ($n = 3 / 4$). Os três rebanhos positivos relataram que compram animais reprodutores diretamente de outras propriedades rurais. No entanto, dada a escassez de informações disponíveis a respeito do comércio de animais nesta região, não foi possível fazer qualquer suposição quanto à movimentação de bovinos entre as propriedades. A presença de aglomerados de brucelose tem sido descrita em outros estudos sobre a doença (KELLAR; MARRA; MARTIN, 1976; ABERNETHY et al., 2006; ABERNETHY et al., 2011; HEGAZY et al., 2011).

Pequenas evidências de autocorrelação espacial nos resíduos do modelo de regressão logística foram observadas, o que significa dizer, via de regra, que mesmo que um rebanho tenha sido diagnosticado como foco da doença, a probabilidade de outros casos serem identificados em propriedades vizinhas, na escala de 0 a 10 km, não foi aumentada. A presença de autocorrelação espacial residual de brucelose, para escalas de 0 a 3 e 0 a 5,5 km, pode ser interpretada como um indicativo da presença de aglomerados de rebanhos positivos em determinadas áreas do estado. Apesar da *B. abortus* sobreviver sob certas condições no pasto e áreas alagadas, a ausência de contato direto entre animais susceptíveis e infectados ou material biológico infectado (carcaças, secreções uterinas, fetos abortados e sêmen para inseminação artificial) praticamente elimina o risco de contrair a doença (NICOLETTI, 1980; CRAWFORD; HUBER; ADAMS, 1990). Segundo Crawford, Huber e Adams (1990), a tendência da brucelose disseminar-se de rebanhos infectados para rebanhos livres da doença tem sido descrita, no entanto, a necessidade de contatos entre bovinos através de áreas de cerca que delimitam as propriedades ou uso da mesma área de pastagem é relatado pelos autores.

A análise da superfície de densidade de kernel dos resíduos do modelo de regressão logística identificou algumas áreas de maior risco da doença, principalmente a norte do centro do estado, onde a presença da brucelose não foi totalmente explicada pelas variáveis presentes no modelo final de fatores de risco. Este achado indica que uma maior atenção deva ser preferencialmente prestada a esta área, onde investigações epidemiológicas e intervenções de controle da doença devam ser implementadas (PFEIFFER, 2008).

Mediante os resultados obtidos nas análises da área sob a curva ROC e efeitos de primeira e segunda ordem, aliados às informações disponíveis na literatura sobre a epidemiologia da brucelose, entende-se que a futura implementação de análises de redes complexas permitiria testar a hipótese de que os padrões de distribuição da brucelose no Maranhão são também influenciados pela movimentação de animais entre as propriedades criadoras de bovinos.

CONCLUSÕES

6 CONCLUSÕES

A prevalência aparente de focos de brucelose foi estimada em 11,42% (9,23 - 14,06%) no estado do Maranhão; 4,02% (1,81 - 8,70%) no circuito produtor 1; 18,15% (14,12 - 23,01%) no circuito produtor 2; 8,00% (4,58 - 13,59%) no circuito produtor 3; e 3,16% (1,31 - 7,40%) no circuito produtor 4. Diferenças significativas de prevalência foram observadas entre o circuito produtor 2 e os demais circuitos.

A prevalência aparente de brucelose em fêmeas bovinas com idade ≥ 24 meses foi estimada em 2,52% (1,73 - 3,65%) no estado do Maranhão; 0,70% (0,27 - 1,84%) no circuito produtor 1; 3,16% (2,08 - 4,78%) no circuito produtor 2; 1,99% (0,60 - 6,31%) no circuito produtor 3; e 0,76% (0,29 - 1,94%) no circuito produtor 4. Diferenças significativas de prevalência foram observadas entre o circuito produtor 2 e os demais circuitos.

Os fatores de risco associados à condição de foco de brucelose bovina no Maranhão são: rebanho bovino com mais de 54 fêmeas com idade ≥ 24 meses, aluguel de pastos de/para terceiros e presença de áreas alagadiças na propriedade. Exploração de corte mostrou ser um fator protetor para a brucelose no estado. Contudo, este resultado pode ser explicado pelo fato das propriedades de corte amostradas apresentarem um número menor de fêmeas em comparação às propriedades de exploração leite e misto. Logo, a característica relevante seria o tamanho do rebanho e não o tipo de exploração.

Investigações epidemiológicas e intervenções de controle devem ser preferencialmente implementadas em áreas de maior risco de brucelose, principalmente a norte do centro do estado, onde a presença da doença não foi totalmente explicada pelos fatores de risco.

Recomenda-se ao estado do Maranhão: (i) concentrar esforços na obtenção anual de uma cobertura vacinal mínima de 80% de fêmeas entre 3 e 8 meses de idade com a vacina B19; (ii) evitar a utilização de áreas alagadas e pastagens passíveis de estarem contaminadas pela *B. abortus*; (iii) desencorajar a introdução de animais sem controle sanitário, com especial atenção a regiões de intenso trânsito animal e alta densidade de bovinos; e (iv) disponibilizar um sistema de dados sobre a movimentação de animais entre as propriedades, permitindo que seja testada a hipótese que determinados padrões de movimentação entre as propriedades influenciam a difusão da brucelose bovina no estado.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, D. A.; MOSCARD-COSTELLO, J.; DICKSON, E.; HARWOOD, R.; BURNS, K.; MCKILLOP, E.; MCDOWELL, S.; PFEIFFER, D. U. Epidemiology and management of a bovine brucellosis cluster in Northern Ireland. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 98, p. 223-229, 2011.
- ABERNETHY, D. A.; PFEIFFER, D. U.; WATT, R.; DENNY, G. O.; MCCULLOUGH, S.; MCDOWELL, S. W. Epidemiology of bovine brucellosis in Northern Ireland between 1990 and 2000. **Veterinary Record**, v. 158, p. 717-721, 2006.
- ACHA, P. N.; SZYFRES, B. **Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales: bacteriosis y micosis**. 3rd ed. Washington: OPAS, 2001. 416 p.
- ALVES, A. J.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; BAHENSE, L.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; DIAS, R. A. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado da Bahia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 6-13, 2009. Suplemento 1.
- AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA, F. Modelagem matemática do controle de brucelose bovina por vacinação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 135-141, 2009. Suplemento 1.
- BADDELEY, A.; TURNER, R. spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. **Journal of Statistical Software**, v. 12, n. 6, p. 1-42, 2005.
- BCB. Banco Central do Brasil. Evolução do IDH das Grandes Regiões e Unidades da Federação. **Boletim Regional do Banco Central do Brasil**. v. 3, n.1, p. 91-94, 2009.
- BOWMAN, A.W.; AZZALINI, A. **Applied smoothing techniques for data analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1997. 193 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Boletim de Defesa Sanitária Animal**, v. 1-4, p. 17, 1971.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT)**. Brasília: MAPA/SDA/DSA, 2006. 188 p. (manual técnico).
- BRASIL. Ministério da Educação. **A agropecuária do Estado do Maranhão**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/agropec_ma.pdf>. Acessado em: 06 out. 2011.
- BREW, S. D.; PERRETT, L. L.; STACK, J. A.; MACMILLAN, A. P.; STAUNTON, N. J. Human exposure to *Brucella* recovered from a sea mammal. **Veterinary Record**, v. 144, p. 483, 1999.
- CDC. **Epi Info 6.04**. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 2001. Disponível em <<http://www.cdc.gov>>. Acessado em 06 out. 2010.

CHATE, S. C.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; MORAES, G. M.; COSTA NETO, A. A.; MONTEIRO, L. A. R. C.; LÔBO, J. R.; FIGUEIREDO, V. C. F.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA NETO, J. S. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Mato Grosso do Sul. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 46-55, 2009. Suplemento 1.

CHRISTIE, T. E. Eradication of brucellosis in Northern Ireland: Field problems and experiences. **Veterinary Record**, v. 85, p. 268-269, 1969.

CHRISTENSEN, O. F.; RIBEIRO JR., P. J. geoRglm: a package for generalized linear spatial models. **R-NEWS**, v. 2, n. 2, p. 26-28, 2002.

CORBEL, M. J. **Brucellosis in humans and animals**. Genebra: WHO/FAO/OIE, 2006. 102 p.

CRAWFORD, R. P.; HUBER, J. D.; ADAMS, B. S. **Epidemiology and surveillance**. In: NIELSEN, K.; DUNCAN, J. R. (Ed.). *Animal brucellosis*. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 131-151.

DAVIES, T. M.; HAZELTON, M. L. Adaptive kernel estimation of spatial relative risk. **Statistics in Medicine**, v. 29, p. 2423-2437, 2009.

DAVIES, T. M.; HAZELTON, M. L.; MARSHALL, J. C. sparr: Analysing spatial relative risk using fixed and adaptive kernel density estimation in R. **Journal of Statistical Software**. v. 39, n. 1, p. 1-14, 2011.

DEAN, A. G. **Epi-Info, version 6**: a word processing database and statistics program for epidemiology on microcomputers. Atlanta: CDC, 1994. 601 p.

DIAS, J. A.; MÜLLER, E. E.; DIAS, R. A.; FREITAS, J. C.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; SILVA, M. C. P.; LÔBO, J. R.; FIGUEIREDO, V. C. F.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA NETO, J. S. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Paraná. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 66-76, 2009. Suplemento 1.

DIGGLE, P. J. A kernel method for smoothing point process data. **Journal of Applied Statistics**, v. 34, n. 2, p. 138-147, 1985.

DOHOO, I.; MARTIN, W.; STRYHN, H. **Veterinary epidemiologic research**. Charlottetown: Atlantic Veterinary College, 2003. 706 p.

DÓRIA, P. **Honoráveis bandidos**: um retrato do Brasil na era Sarney. São Paulo: Geração Editorial, 2009. 207 p.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 190 p.

DUBÉ, C.; RIBBLE, C.; KELTON, D.; MCNAB, B. A review of network analysis terminology and its application to Foot-and-Mouth disease modelling and policy development. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 56, p. 73-85, 2009.

FARIA, J. F. Situação da brucelose no Brasil. **Comunicação Científica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 161-175, 1984.

FLETCHER, R. H.; FLETCHER, S. W.; WAGNER, E. H. **Clinical epidemiology: the essentials**. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998. 246 p.

FOSTER, G.; OSTERMAN, B. S.; GODFROID, J.; JACQUES, I.; CLOEKAERT, A. *Brucella ceti* sp. nov. and *Brucella pinnipedialis* sp. nov. for *Brucella* strains with cetaceans and seals as their preferred host. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 57, p. 2688-2693, 2007.

FREITAS, A. A. **Situação epidemiológica da brucelose bovina e caracterização das unidades produtivas do sertão do Estado de Pernambuco**. 2011. 92 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Programa de Pós-graduação em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

GARCIA-CARRILO, C. **La brucelosis de los animales en América y su relación com la infección humana**. Paris: OIE, 1987. 303 p.

GIL TURNES, C.; GIRAUDO, J. A.; AMBROGI, A.; FAVA, N. Comparison of the prevalence of bovine brucellosis in open and closed herds. **Zoonosis**, v. 18, n. 3-4, p. 192-195, 1975.

GODFROID, J.; KÄSBOHRER, A. Brucellosis in the European Union and Norway at the turn of the twenty-first century. **Veterinary Microbiology**, v. 90, p. 135-145, 2002.

GONÇALVES, V. S. P.; RIBEIRO, L. A.; CALDAS, R. A.; FRANCISCO, P. F. C.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J. S.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; BORGES, J. R. J. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Distrito Federal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, s. 1, p. 14-18, 2009.

HALL, P.; MARRON, J. S. Variable window width kernel density estimates of probability densities. **Probability Theory and Related Fields**, v. 80, p. 37-49, 1988.

HANLEY, J. A.; MCNEIL, B. J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. **Diagnostic Radiology**, v. 143, n. 1, p. 29-36, 1982.

HEGAZY, Y. M.; MOLINA-FLORES, B.; SHAFIK, H.; RIDLER, A. L.; GUITIAN, F. J. Ruminant brucellosis in Upper Egypt (2005-2008). **Preventive Veterinary Medicine**, v. 101, n. 3/4, 2011.

HOLANDA, F. **Dinâmica da economia maranhense nos últimos 25 anos**. São Luiz: IMESC, 2008. 40 p. (Cadernos IMESC, 4).

HOLANDA, F. A economia maranhense e os desafios de 2011. **O Imparcial**, São Luiz, 01 jan. 2011. Disponível em: <http://www.imesc.ma.gov.br/docs/artigo_20110106.pdf>. Acessado em: 10 out. 2011.

HOMEM, V. S. F. **Brucelose e tuberculose bovinas no município de Pirassununga, SP: prevalências, fatores de risco e estudo econômico**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HOSMER JR., D. W.; LEMESHOW, S. **Applied logistic regression**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 307 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 777 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ma>>. Acessado em: 8 out. 2011.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 592 p.

JORDAN, D. **Herdacc**: A programme for calculating herd level (aggregate) sensitivity and specificity. Guelph: University of Guelph, 1995. Disponível em: <http://www.vetschools.co.uk/EpiVetNet/Sampling_software.htm>. Acessado em: 22 nov. 2011.

KADOHIRA, M.; MCDERMOTT, J. J.; SHOUKRI, M. M.; KYULE, M. N. Variations in the prevalence of antibody to brucella infection in cattle by farm, area and district in Kenya. **Epidemiology and Infection**, v. 118, p. 35-41, 1997.

KEIT, T. M.; BIVAND, R.; PEBESMA, E.; ROWLINGSON, B. **Bindings for the geospatial data abstraction library**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acessado em: 20 nov. 2011.

KELLAR, J.; MARRA, R.; MARTIN, W. Brucellosis in Ontario: a case control study. **Canadian Journal of Comparative Medicine**, v. 40, p. 119-128, 1976.

KLEIN-GUNNEWIEK, M. F. C.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; GITTI, C. B.; PEREIRA, L. A.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA NETO, J. S. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Rio de Janeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 77-84, 2009. Suplemento 1.

LEE, B. -Y.; HIGGINS, I. M.; MOON, O. -K.; CLEGG, T. A.; MCGRATH, G.; COLLINS, D. M.; PARK, J. -Y.; YOON, H. -C.; LEE, S. -J.; MORE, S. J. Surveillance and control of bovine brucellosis in the Republic of Korea during 2000-2006. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 90, p. 66-79, 2009.

MARSHALL, J. C.; HAZELTON, M. L. Boundary kernels for adaptive density estimators on regions with irregular boundaries. **Journal of Multivariate Analysis**, v. 101, p. 949-963, 2010.

MARTIN, S. W.; SHOUKRI, M.; THORBURN, M. A. Evaluation of health status of herds based on tests applied to individuals. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 14, p. 33-43, 1992.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, B.; PEREZ, A. M.; SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, J. M. Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 56, p. 109-120, 2009.

MARVULO, M. F. V.; FERREIRA, F.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; GROFF, A. C. M.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; FERREIRA NETO, J. S. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Rio Grande do Sul. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 93-102, 2009. Suplemento 1.

MCDONALD, W. L.; JAMALUDIN, R.; MACKERETH, G.; HANSEN, M.; HUMPHREY, S.; SHORT, P. Characterization of a *Brucella* sp. strain as a marine-mammal type despite isolation from a patient with spinal osteomyelitis in New Zealand. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 44, p. 4363-4367, 2006.

MESQUITA, B. A. **Desenvolvimento econômico recente do Maranhão: uma análise do crescimento do PIB e perspectivas**. São Luiz: IMESC, 2008. 70 p. (Cadernos IMESC, 7)

MICROSOFT. **Microsoft Access 9.0**. Redmond: Microsoft Inc., 1999.

MINITAB. **Conhecendo o Minitab 16**. State College: Minitab Inc., 2010. 124 p.

NEGREIROS, R. L.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P.; SILVA, M. C. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; FREITAS, J.; AMAKU, M. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Mato Grosso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 56-65, 2009. Suplemento 1.

NICOLETTI, P. The epidemiology of bovine brucellosis. **Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine**, v. 24, p. 69-98, 1980.

OGATA, R. A.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; RODRIGUES, A. L.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; DIAS, R. A. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Tocantins. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 126-134, 2009. Suplemento 1.

OIE. World Organization for Animal Health. **Brucellosis bovina, ovina y caprina**. Paris: OIE, 1987, 282 p. (Série técnica).

OIE. World Organization for Animal Health. **Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2011: Bovine Brucellosis**. Paris: OIE, 2011. 1344 p.

PAULIN, L. M.; FERREIRA NETO, J. S. **O combate à brucelose bovina: situação brasileira**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 154 p.

PFEIFFER, D. GIS and Spatial Analysis in Animal Health. In: DURR, P.; GATRELL, A. (Ed.). **GIS and Spatial Analysis in Veterinary Science**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2008. p. 119-144.

PFEIFFER, D.; ROBINSON, T.; STEVENSON, M.; STEVENS, K.; ROGERS, D.; CLEMENTS, A. **Spatial Analysis in Epidemiology**. Oxford: Oxford University Press, 2008. 142 p.

POESTER, F. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; GONÇALVES, V. S. P.; LAGE, A. P.; ROXO, E.; MOTA, P. M. P. C.; MÜLLER, E. E.; FERREIRA NETO, J. S. Estudos de prevalência da brucelose bovina no âmbito do Programa Nacional de Controle e Erradicação de Brucelose e Tuberculose: Introdução. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1-5, 2009. Suplemento 1.

POESTER, F. P.; GONÇALVES, V. S. P.; LAGE, A. P. Brucellosis in Brazil. **Veterinary Microbiology**, v. 90, p. 55-62, 2002.

PORRO, R.; MESQUITA, B. A.; SANTOS, I. J. P. **Expansão e trajetórias da pecuária na amazônia**: Maranhão, Brasil. Brasília: Editora UNB, 2004. 184 p.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM. **Quantum GIS version 1.7.0**. Vancouver: Open Source Geospatial Foundation, 2010. Disponível em: <<http://www.osgeo.org/qgis>>. Acessado em: 22 nov. 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acessado em: 24 nov. 2011.

SALMAN, M. D.; MEYER, M. E. Epidemiology of bovine brucellosis in the Mexicali Valley, Mexico: Literature review of disease-associated factors. **American Journal of Veterinary Research**, v. 45, p. 1557-1560, 1984.

SANTANA, S. S. **Soroepidemiologia da *Brucella abortus*, em rebanhos bovinos na região do cerrado do Estado do Maranhão**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Centro de Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

SANTOS, H. P.; TEIXEIRA, W. C.; OLIVEIRA, M. M. M.; PEREIRA, H. M.; OLIVEIRA, R. A.; NEGREIROS, R. C.; FILHO SOARES, P. M.; SANTANA, S. S.; CASTRO, R. S. Brucelose bovina e humana diagnosticada em matadouro municipal de São Luís/MA. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v.10, n. 2/3, p. 86-94, 2007.

SAURET, J. M.; VILISSOVA, N. Human brucellosis. **Journal of the American Board of Family Medicine**, v. 15, n. 5, p. 401-406, 2002.

SCHOLZ, H. C.; HUBALEK, Z.; SEDLÁČEK, I.; VERGNAUD, G.; TOMASO, H.; AL DAHOUK, S.; MELZER, F.; KÄMPFER, P.; NEUBAUER, H.; CLOECKAERT, A.; MAQUART, M.; ZYGMUNT, M. S.; WHATMORE, A. M.; FALSEN, E.; BAHN, P.; GÖLLNER, C.; PFEFFER, M.; HUBER, B.; BUSSE, H. J.; NÖCKLER, K. *Brucella microti* sp. nov., isolated from the common vole *Microtus arvalis*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 58, p. 375-382, 2008.

SIKUSAWA, S.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA NETO, J. S.; MARTINS, C.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; FERREIRA, F. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Santa Catarina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 103-108, 2009. Suplemento 1.

SILVA, D. F.; BRANDÃO, V. M.; SANTOS, H. P.; DIAS, I. C. L.; SILVA, M. I. S. Ocorrência de aglutininas anti-*Brucella abortus* em rebanhos bovinos da ilha de São Luís - MA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 8., 2009, Belo Horizonte. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Buiatria**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Buiatria, 2009. p. 458-463.

SING, T.; SANDER, O.; BEERENWINKEL, N.; LENGAUER, T. ROCR: visualizing classifier performance in R. **Bioinformatics**, v. 21, n. 20, p. 3940-3941, 2005.

SOHN, A. H.; PROBERT, W. S.; GLASER, C. A.; GUPTA, N.; BOLLEN, A. W.; WONG, J. D.; GRACE, E. M.; MCDONALD, W. C. Human neurobrucellosis with intracerebral granuloma caused by a marine mammal *Brucella* spp. **Emerging Infectious Diseases**, v. 9, p. 485-488, 2003.

SPSS. **Spss base 9.0 user's guide**. Chicago: SPSS Inc., 1999. 740 p.

STRINGER, L. A.; GUITIAN, F. J.; ABERNETHY, D. A.; HONHOLD, N. H.; MENZIES, F. D. Risk associated with animals moved from herds infected with brucellosis in Northern Ireland. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 84, p. 72-84, 2008.

THRUSFIELD, M. **Veterinary epidemiology**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2005. 610 p.

VILLAR, K. S.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA NETO, J. S.; BENITEZ, F.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; FERREIRA, F. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Rondônia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 85-92, 2009. Suplemento 1.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 662 p.

ZWEIG, M. H.; CAMPBELL, G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. **Clinical Chemistry**, v. 39, n. 4, p. 561-577, 1993.

ANEXO

Anexo A - Questionário epidemiológico aplicado nas propriedades amostradas.

BRUCELOSE BOVINA E BUBALINA Estudo soroepidemiológico																																																																							
01-Identificação: Município: _____ REGIÃO: _____ UF: _____ Proprietário: _____ Propriedade: _____ Código de cadastro no serviço de defesa: _____	02 - Data da visita e colheita / / 03 - Código do rebanho no estudo (9 dígitos) _____ 04 - Coordenadas Lat _____ Lon _____ Altitude _____																																																																						
05- Tipo da Exploração: ☐ corte ☐ leite ☐ mista 06- Tipo de Criação: ☐ confinado ☐ semi-confinado ☐ extensivo 07- Nº de Ordenhas por dia: ☐ 1 ordenha ☐ 2 ou 3 ordenhas ☐ Não ordenha 08- Tipo de Ordenha: ☐ manual ☐ mecânica ao pé ☐ mecânica em sala de ordenha ☐ Não ordenha 09- Produção de leite: a) Nº de vacas em lactação: _____ b) Produção diária de leite na fazenda: _____ litros 10- Usa inseminação artificial? ☐ não ☐ usa inseminação artificial e touro ☐ usa só inseminação artificial 11- Raça predominante - Bovinos: ☐ zebu ☐ europeu de leite ☐ europeu de corte ☐ mestiço ☐ outras raças - Bubalinos: ☐ murrh ☐ mediterrâneo ☐ carabao ☐ jaffarabadi ☐ outras raças																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="8">12(a)- Bovinos existentes</th> <th colspan="8">12(b)- Bubalinos existentes</th> </tr> <tr> <th>Machos Castrados</th> <th colspan="4">Machos inteiros (meses)</th> <th colspan="4">Fêmeas (meses)</th> <th>Machos Castrados</th> <th colspan="4">Machos inteiros (meses)</th> <th colspan="4">Fêmeas (meses)</th> </tr> <tr> <th>Total</th> <th>0-6</th> <th>6-12</th> <th>12-24</th> <th>> 24</th> <th>0-6</th> <th>6-12</th> <th>12-24</th> <th>> 24</th> <th>Total</th> <th>0-6</th> <th>6-12</th> <th>12-24</th> <th>> 24</th> <th>0-6</th> <th>6-12</th> <th>12-24</th> <th>> 24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </tbody> </table>		12(a)- Bovinos existentes								12(b)- Bubalinos existentes								Machos Castrados	Machos inteiros (meses)				Fêmeas (meses)				Machos Castrados	Machos inteiros (meses)				Fêmeas (meses)				Total	0-6	6-12	12-24	> 24	0-6	6-12	12-24	> 24	Total	0-6	6-12	12-24	> 24	0-6	6-12	12-24	> 24																		
12(a)- Bovinos existentes								12(b)- Bubalinos existentes																																																															
Machos Castrados	Machos inteiros (meses)				Fêmeas (meses)				Machos Castrados	Machos inteiros (meses)				Fêmeas (meses)																																																									
Total	0-6	6-12	12-24	> 24	0-6	6-12	12-24	> 24	Total	0-6	6-12	12-24	> 24	0-6	6-12	12-24	> 24																																																						
13- Outras espécies na propriedade: ☐ ovinos/caprinos ☐ equídeos ☐ suínos ☐ aves ☐ cão ☐ gato 14- Espécies silvestres em vida livre na propriedade: ☐ não tem ☐ cervídeos ☐ capivaras ☐ outras:..... 15- Alguma vaca/búfala abortou nos últimos 12 meses? ☐ não ☐ sim ☐ não sabe 16- O que faz com o feto abortado e a placenta? ☐ enterra/joga em fossa/queima ☐ alimenta porco/cão ☐ não faz nada 17- Faz testes para diagnóstico de brucelose? ☐ não ☐ sim Regularidade dos testes: ☐ uma vez ao ano ☐ duas vezes ao ano ☐ quando compra animais ☐ quando há casos de aborto na fazenda ☐ quando exigido para trânsito/eventos/crédito 18- Compra fêmeas ou machos com finalidade de reprodução? ☐ não ☐ sim Onde/de quem: ☐ em exposição ☐ em leilão/feira ☐ de comerciante de gado ☐ diretamente de outras fazendas 19- Vende fêmeas ou machos para reprodução? ☐ não ☐ sim A quem/onde: ☐ em exposição ☐ em leilão/feira ☐ a comerciante de gado ☐ diretamente a outras fazendas 20- Vacina contra brucelose? ☐ não ☐ sim, apenas fêmeas até 8 meses de idade ☐ sim, fêmeas de qualquer idade 21- Local de abate das fêmeas e machos adultos no fim da vida reprodutiva: ☐ na própria fazenda ☐ em estabelecimento sem inspeção veterinária ☐ em estabelecimento de abate com inspeção veterinária ☐ não abate 22- Aluga pastos em alguma época do ano? ☐ não ☐ sim 23- Tem pastos em comum com outras propriedades? ☐ não ☐ sim 24- Existem na propriedade áreas alagadiças às quais o gado tem acesso? ☐ não ☐ sim 25- Tem piquete separado para fêmeas na fase de parto e/ou pós-parto? ☐ não ☐ sim 26- A quem entrega leite? ☐ cooperativa ☐ laticínio ☐ direto ao consumidor ☐ não entrega 27- Resfriamento do leite: ☐ não faz ☐ faz Como: ☐ em resfriador ou tanque de expansão próprio ☐ em resfriador ou tanque de expansão coletivo 28- A entrega do leite é feita a granel? ☐ não ☐ sim 29- Produz queijo e/ou manteiga na propriedade? ☐ não ☐ sim Finalidade: ☐ p/ consumo próprio ☐ p/ venda 30- Consome leite cru? ☐ não ☐ sim 31- Tem assistência veterinária? ☐ não ☐ sim De que tipo? ☐ veterinário da cooperativa ☐ veterinário particular																																																																							

NOME DO VETERINÁRIO _____ ASSINATURA _____

32 - INFORMAÇÕES SOBRE AS AMOSTRAS COLHIDAS										33 - RESULTADOS LABORATORIAIS (3)			
Nº	NÚMERO DO FRASCO Cód. do estudo + Nº seqüencial (11 dígitos)	Espécie (1)	Idade (anos)	Nº de parições	Já Abortou? SIM NÃO	BRU. LEP.	VACINAS (2) IBR	BVD	AAT (-) ou (+)	SAL (Título)	2-ME (Título)	Resultado Final (NEG) (INC) (POS)	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

Códigos e instruções para preenchimento desta tabela
 (1) Bovino = 1; Bubalino = 2; (2) Marcar com X nas vacinas utilizadas (Bru = Brucelose; Lep = Leptospirose; IBR = Rinotraqueíte infecciosa bovina; BVD = Diarréia viral dos bovinos)
 (3) O resultado do Antígeno Acidificado Tamponado (AAT) pode ser : sem aglutinação (-) ou com aglutinação (+); a prova confirmatória (2-ME) deve ser feita em soros reagentes (+) ao AAT, executando simultaneamente a Soroglutinação Lenta (SAL) e o 2-ME; o resultado final pode ser Negativo (NEG), Inconclusivo (INC) ou Positivo (POS), de acordo com a tabela de interpretação oficial, que consta do Capítulo VI, do Regulamento Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal.

34 - RESULTADO FINAL - CLASSIFICAÇÃO DA PROPRIEDADE: ☐ NEGATIVA ☐ INCONCLUSIVA ☐ POSITIVA