

PALOMA CARNEIRO MACHADO

**ANÁLISE ESPACIAL DA BRUCELOSE E TUBERCULOSE BOVINA NA
REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE, PE**

Recife / PE

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

PALOMA CARNEIRO MACHADO

ANÁLISE ESPACIAL DA BRUCELOSE E TUBERCULOSE BOVINA NA
REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE, PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Medicina Veterinária.

Orientador:

Prof. Dr. Jean Carlos Ramos da Silva

Coorientador:

Prof. Dr. José Wilton Pinheiro Junior

Recife / PE

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISE ESPACIAL DA BRUCELOSE E TUBERCULOSE BOVINA NA REGIÃO
METROPOLITANA DE RECIFE, PE**

Dissertação de Mestrado elaborada por

PALOMA CARNEIRO MACHADO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jean Carlos Ramos da Silva
Orientador - Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

Prof. Dr. George Chaves Jimenez
Departamento de Medicina Veterinária – UFRPE

Profa. Dra. Andréa Alice da Fonseca Oliveira
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

Prof. Dr. Aderaldo Alexandrino de Freitas
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

“Have courage and be kind.”

(Ella Tremain)

AGRADECIMENTOS

A Deus, grande criador da vida. Agradeço a ele por todas as minhas conquistas e bênçãos alcançadas, por menores que elas sejam e por ser uma luz guia na minha vida.

Ao meu esposo querido, Marcos Roberto Strattmann, médico veterinário que assim como eu, sente um amor profundo pelos animais e pela natureza. Sempre serei grata pelo amor constante, pelo seu companheirismo, pelo apoio quando eu mais preciso em qualquer um dos meus sonhos ou objetivos, por estar sempre ao meu lado nos momentos de alegria e tristeza... Obrigada por ser um sol de calma e alegrias na minha vida!

A minha sogra Ruth Riesinger Strattmann por sempre incentivar o meu crescimento pessoal e profissional. Você que é uma brilhante pesquisadora e farmacêutica, e era uma das poucas pessoas que compreendia as minhas angústias e a importância do meu trabalho e sempre me acalmava nos momentos de aflição. Muito obrigada pela compreensão e por ser uma segunda mãe na minha vida.

Aos meus pais, por me ensinarem que a busca pelo conhecimento “nunca é demais”, e pelo incentivo no meu crescimento profissional. A minha mãe, por várias vezes me animar e manter a minha fé em Deus viva, sempre renovando a esperança de um futuro melhor. E as minhas doces tias: Glória Carneiro e Auxiliadora Carneiro, que sempre se mostram presentes nos momentos em que mais preciso da minha família ao meu lado.

Ao meu orientador, prof. Jean Carlos Ramos da Silva, pela paciência ao lidar com o meu aprendizado, pelos ensinamentos (para o trabalho e para a vida), pela sabedoria compartilhada e pelo constante otimismo. O senhor sempre se esforça a proporcionar um ótimo ambiente de trabalho para todos ao seu redor, e é um exemplo inspirador como professor e ser humano. Muito obrigada por isso tudo e pela energia positiva compartilhada conosco.

Aos colegas médicos veterinários que foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho e sempre estavam dispostos a compartilhar um pouco do seu conhecimento: Profa. Dra. Paula Regina Barros de Lima (obrigada por confiar os seus dados ao nosso trabalho, e por todo apoio) e ao médico veterinário Lopez Júnior (obrigada por ter sido um verdadeiro mestre de geoprocessamento). A Dra. Erivânia Camelo de Almeida por disponibilizar dados tão importantes para o estado de Pernambuco e aos profissionais da Agência de Defesa e Fiscalização de Pernambuco (Adagro) que me receberam tão bem durante o meu período de aprendizado.

E aos amigos que sempre estiveram presentes na minha vida, em todos os momentos mostrando ser uma segunda família, enviada por Deus.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

(Cora Coralina)

RESUMO

A análise espacial da tuberculose bovina e da brucelose foi realizada por meio da construção de mapas com o objetivo de verificar a distribuição espacial dessas zoonoses na Região Metropolitana do Recife, no Estado de Pernambuco. Foi utilizado o banco de dados cedido pela Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro), composto por informações coletadas pelos fiscais de Defesa Agropecuária da Adagro sobre rebanhos bovinos. Para a análise da brucelose, foram utilizadas informações sobre rebanhos de bovinos de 134 propriedades, sendo feito o diagnóstico sorológico por meio de uma triagem com um teste de antígeno acidificado tamponado (Rosa Bengala) e um teste confirmatório das amostras positivas, com um teste de fixação do complemento, no período de agosto de 2008 a agosto de 2009. Para a análise de tuberculose foram utilizadas as informações de 132 propriedades, com fêmeas que foram submetidas ao teste de tuberculinização comparativo na região cervical, no período de fevereiro a dezembro de 2014. Para as análises espaciais foi aplicada a localização geográfica das propriedades junto com os seus dados epidemiológicos, e os resultados dos diagnósticos em mapas com informações do ambiente local, possibilitando um estudo da ocorrência da doença na região com o uso do *software* Quantum Gis. Após as análises verificou-se que apenas cinco (3,7%) propriedades apresentaram animais positivos para a brucelose e que nenhuma propriedade possuía animal positivo para tuberculose. Recomenda-se o desenvolvimento de políticas públicas para auxiliar os órgãos de defesa sanitária da região na prevenção da ocorrência de brucelose.

Palavras-chave: bovinos; defesa sanitária animal; distribuição espacial; geoprocessamento; saúde pública.

ABSTRACT

The spatial analysis of bovine tuberculosis and the brucellosis was made through the construction of maps with the objective to verify the spatial distribution of these zoonosis at Recife's Metropolitan Area, in the state of Pernambuco. It was used a database given by the "Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco" (Adagro), which was composed by informations collected by Adagro's agents about the bovine herds. For the brucellosis analysis, a database with informations of bovine herds from 134 farms was used, the serological diagnosis being made through a screening with a tamponade acidified antigen test (Rose Bengal) and a confirmatory test of the positive samples with a complement fixation test on the period from 2008 august to 2009 august. For the tuberculosis analysis were used informations about 132 farms, with cows that were submitted to the comparative tuberculinization test in the cervical region, on the period from 2014 february to 2014 december. For the spatial analysis was applied the Geographic location of the farms with their epidemiological data and the diagnosis results in maps with the local environment informations, enabling a study of the occurrence of the disease in the region with the use of Quantum Gis *software*. After the analysis it was verified that only five (3.7%) farms had positive animals for brucellosis and that none farm had positive animals for tuberculosis. It is recommended the development of public policies to assist health agencies of the region with the prevention of brucellosis occurrence.

Keywords: Animal health defense; bovines; geoprocessing; public health; spatial distribution.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	TUBERCULOSE BOVINA	13
2.1.1	Agente Etiológico	13
2.1.2	Epidemiologia	14
2.1.3	Diagnóstico	16
2.1.4	A Importância da Tuberculose Bovina na Saúde Pública	18
2.2	BRUCELOSE	20
2.2.1	Agente Etiológico	20
2.2.2	Epidemiologia	21
2.2.3	Diagnóstico	23
2.2.4	A Importância da Brucelose na Saúde Pública	24
2.3	PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE E ERRADICAÇÃO DA BRUCELOSE E TUBERCULOSE ANIMAL	27
2.4	A IMPORTÂNCIA DO USO DAS GEOTECNOLOGIAS	28
3	REFERÊNCIAS	30
4	ARTIGO CIENTÍFICO	40
4.1	ARTIGO CIENTÍFICO - Análise Espacial de Brucelose e Tuberculose bovina na Região Metropolitana do Recife	40

1 INTRODUÇÃO

A utilização de mapas para análise de enfermidades, assim como a preocupação com a distribuição geográfica de diversas doenças são antigas. Estas ações tiveram origem no ano de 1854 com o médico inglês John Snow que estudou a transmissão da cólera, por meio do uso de mapas para a localização geográfica dos casos de óbito e do abastecimento de água, identificando os focos de contaminação e as áreas de risco para combater a epidemia que na época fez muitas vítimas em Londres, Inglaterra (BAVIA, 2004).

Posteriormente, outras ciências uniram-se à tecnologia da computação, entre elas, as Ciências da Terra e as Estatísticas Espaciais tornando possível o uso, de forma mais dinâmica e amplificada, do Sistema de Informação Geográfica – SIG (*Geographic Information System*) e do sensoriamento remoto em diversas áreas da saúde, inclusive, na Medicina Veterinária. De acordo com Malone e Bergquist (2012), o objetivo do SIG é promover técnicas de monitoramento geoespacial para auxiliar estudos dos potenciais impactos ocasionados por mudança de clima e para revelar parâmetros climáticos e espaciais que determinem os limites de distribuição de doenças comunicáveis em várias escalas.

Por meio de recursos computacionais, a abordagem espacial georreferenciada, possibilita a integração de informações numéricas e alfanuméricas das mais diferentes fontes e origens, além de promover o inter-relacionamento de diversos bancos de dados de maneira rápida e eficiente com uma base cartográfica digitalizada de um espaço geográfico específico. Conseqüentemente, produz cartas temáticas georreferenciadas com qualidade e precisão, capazes de proporcionar uma visão ampla e dinâmica da origem, dispersão e distribuição espacial e temporal dos agravos à saúde (CARVALHO et al., 2000; CORREIA et al., 2004).

Aplicada a questões de saúde pública e de defesa sanitária animal, as geotecnologias permitem o mapeamento e avaliação de riscos de zoonoses e de doenças de impacto na saúde e produção animal. Isso é possível, por meio da análise e manipulação de banco de dados epidemiológicos existentes, com informações de cunho ambiental como bacias hidrográficas, áreas florestais, tipos de solo, topografia, vegetação, climatologia, entre outras (BARCELLOS e RAMALHO, 2002). Neste âmbito, algumas doenças de importância para a Medicina Veterinária, para a saúde coletiva e saúde única, grande parte negligenciada, evidenciam a importância desse tipo de pesquisa epidemiológica e espacial, que a partir do uso dos dados, facilitará sua prevenção e tratamento.

Além disso, a construção de mapas contendo dados de saúde permite observar informações que nem sempre foram possíveis de identificar com dados dispostos em tabelas. Este tipo de recurso permite uma avaliação da distribuição de diversos fatores (ocorrência de doenças, alterações climáticas, ecossistemas) de forma dinâmica, uma vez que os cenários de ocorrência e a interação entre esses fatores se alternam com o passar do tempo. Com isto, os produtos gerados, por intermédio de convenções e representações, são convertidos em dados que podem subsidiar decisões e consequente desencadeamento de ações de políticas públicas nas áreas de saúde pública e de defesa sanitária animal (LOPES et al., 2006).

As doenças de importância para a saúde única tais como a brucelose, e tuberculose, vêm sendo diagnosticadas com frequência em populações de animais domésticos, de animais silvestres e nos seres humanos. Neste contexto, o estudo da epidemiologia e da distribuição espacial das zoonoses torna-se vital para o melhor conhecimento dos focos naturais destas doenças, estabelecendo-se desta forma: os fatores de risco existentes em determinados ecossistemas que auxiliem na ocorrência dessas doenças; a circulação de agentes entre os animais domésticos, silvestres e nos seres humanos; a importância do seu conhecimento nestes animais que poderá subsidiar as ações dos serviços de saúde pública veterinária (MARVULO e CARVALHO, 2014). Para tanto, se faz necessário um estudo aprofundado da interação dessas doenças com o meio ambiente atual, para auxiliar na prevenção e combate da disseminação das mesmas em alguns estados e regiões do Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espacial da brucelose e da tuberculose bovina, zoonoses de importância para a saúde pública e defesa sanitária animal, na Região Metropolitana do Recife, Estado de Pernambuco.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar dados epidemiológicos disponibilizados pela Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro) para elaboração de mapas com a distribuição espacial da brucelose e tuberculose.
- b) Verificar a dinâmica do manejo sanitário na distribuição da tuberculose bovina e brucelose na área de estudo.
- c) Averiguar a localização das propriedades estudadas por meio dos mapas desenvolvidos, verificando se existem áreas urbanas ou de alta densidade demográfica nos seus arredores, que possam auxiliar na dispersão das zoonoses estudadas na população local.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TUBERCULOSE BOVINA

2.1.1 Agente Etiológico

A tuberculose é uma doença que acomete diferentes espécies de animais e o homem mundialmente. É causada por micro-organismos pertencentes ao gênero *Mycobacterium*, da ordem *Actinomycetales* e família *Mycobacteriaceae*. Aproximadamente, 100 espécies desse gênero já foram descritas na literatura. Inúmeras espécies são saprófitas, porém uma grande quantidade dessas micobactérias são patogênicas, tanto para os seres humanos, como para os animais. A espécie *M. bovis*, juntamente com *M. tuberculosis*, *M. bovis BCG*, *M. africanum*, *M. caprae*, *M. canettii* e *M. microti*, formam o “Complexo *M. tuberculosis*”, que é o grupo responsável pela maioria dos casos de tuberculose em pessoas e nos animais (MURAKAMI et al. 2009).

O gênero *Mycobacterium* como já foi mencionado, compreende uma variedade de espécies que se diferenciam muito na forma de ocasionar doenças. A maioria das espécies é do tipo saprófita e podem sobreviver em vida livre, em *habitats* de solo e água, e raramente estão envolvidas em processos patogênicos. Contudo, existem algumas espécies, que apesar de sobreviverem no ambiente têm como principal nicho ecológico os tecidos de animais de sangue quente e o homem, onde se incluem as espécies que causam a tuberculose (CATÃO-DIAS e CARVALHO, 2007).

São bacilos pequenos do tipo aeróbicos, que não possuem movimentação, sem cápsulas e flagelos. Quando corados costumam apresentar um aspecto granular, medindo de 0,5 a 0,7 μm de comprimento por 0,3 μm de largura, tendo a propriedade característica de ser álcool-ácido resistente (RODRIGUES et al., 2008).

Devido às suas características, a infecção causada por *Mycobacterium bovis* ou tuberculose bovina (TB), acaba afetando diversos hospedeiros, causando graves prejuízos econômicos para a pecuária, e também provoca infecções atípicas em seres humanos (LIMA et al. 2016).

Em humanos, quando a doença é causada pelo *M. bovis*, é também chamada de tuberculose zoonótica, entretanto existe uma carência de informações sobre a sua ocorrência. Isso provavelmente se deve a semelhança dos sinais clínicos da *M. tuberculosis* com os gerados pela *M. bovis*, o que pode provocar um equívoco no diagnóstico da doença (MURAKAMI et al. 2009).

2.1.2 Epidemiologia

Todas as classes de vertebrados possuem espécies acometidas pela tuberculose. Conseqüentemente, as características da doença podem ser diversas, ou seja, variam dependendo da espécie alvo que foi afetada, da virulência do patógeno, ou da dose e via de exposição do animal infectado (CATÃO-DIAS e CARVALHO, 2007).

A tuberculose bovina, causada pelo *M. bovis* é uma zoonose de evolução crônica que acomete principalmente bovinos e bubalinos. Caracteriza-se pelo desenvolvimento progressivo de lesões de aparência nodular denominadas tubérculos, que podem localizar-se em qualquer tipo de tecido ou órgão do animal infectado (RODRIGUES et al., 2008).

Além dos bovinos, esse patógeno acomete outras espécies de hospedeiros, podendo acometer tanto os animais domésticos e silvestres, como o homem. Por esta razão, a tuberculose bovina encontra-se presente em várias regiões, prejudicando a economia agropecuária mundialmente. É uma doença que possui alta prevalência em animais de países que são considerados em desenvolvimento, e com maior prevalência nos rebanhos do tipo leiteiros (FIGUEIREDO et al., 2010).

A principal fonte de infecção são os animais infectados pelo patógeno, podendo também pastos e alimentos contaminados participarem da transmissão do agente como vias de transmissão (ROXO, 1997). A mais frequente porta de entrada deste patógeno é pela via respiratória, por inalação de aerossóis contaminados com o micro-organismo, provocando lesões primárias nos pulmões, seguidos dos linfonodos acessórios. Entretanto, a bactéria também pode ser ingerida, podendo provocar lesões nos linfonodos mesentéricos (VENDRAME et al., 2016).

Uma vez que o bovino é infectado, se torna capaz de transmitir o agente a outros animais, mesmo antes do desenvolvimento de lesões teciduais, pois o patógeno pode ser eliminado por diversas vias e secreções (respiratória, fezes, urina, sêmen e secreções nasais,

vaginais e uterinas). No homem, a principal via de transmissão de tuberculose bovina é a ingestão de leite contaminado, sendo também esta a via mais recorrente de transmissão do micro-organismo para bezerros. Contudo, raramente ocorre a transmissão transplacentária nos bovinos, sendo também menos comum a transmissão intrauterina, monta natural e sêmen contaminado (ROXO, 1997).

Em áreas onde a tuberculose bovina é considerada endêmica, é maior o risco de infecção pelo agente, tanto para animais quanto para a população local, que pode se infectar após a ingestão de produtos de origem animal contaminados, como leite não pasteurizado e produtos de animais não tratados. Também existe um alto risco de infecção em pessoas que mantenham um contato direto com bovinos e bubalinos infectados, como médicos veterinários, agricultores, pequenos produtores de alimentos de origem animal e trabalhadores de matadouros (MICHEL et al., 2015).

Alguns fatores de risco são conhecidos por influenciar a transmissão do agente e a susceptibilidade à sua infecção. Podem ser de origem biológica (pelo contato de animais acometidos por outras doenças), comportamental (pela cópula ou interação direta de bovinos entre si e com espécies de animais silvestres) e até mesmo ambiental (pelo contato com o solo, pastagem e cercas contaminadas com o agente ou pela ingestão de alimentos contaminados). Esses fatores podem operar em diversas escalas, em níveis regionais, de rebanho, e de animais, podendo variar com a aplicação de programas de controle e erradicação da TB e devido a diferentes estruturas de fazenda, tipos de manejo de rebanho, densidade de vida selvagem e incidência regional de TB (SKUCE et al., 2012).

De acordo com Lienhardt (2001), fatores ambientais podem influenciar na prevalência de tuberculose em uma população de pessoas. Um exemplo disso ocorre nas áreas do mediterrâneo com alta prevalência de TB, é comum detectar DNA de bactérias do Complexo *Mycobacterium tuberculosis* em amostras de lama e água (BARASONA et al., 2016).

A maior parte dos fatores que afetam o risco de infecção por tuberculose (como aglomeração de pessoas, tipo de residência, e status socioeconômico baixo) são extrínsecos ao hospedeiro susceptível, ou seja, estão associados ao ambiente. Entretanto, muitos que afetam o risco de desenvolvimento da doença (após a infecção), são consequências da interação humana com o meio ambiente (como migração e urbanização) (LIENHARDT, 2001).

Portanto, a capacidade do *M. bovis* de sobreviver por algum tempo no meio ambiente é essencial para a sua transmissão e manutenção do agente em ambientes diversos, envolvendo múltiplas espécies hospedeiras (BARASONA et al., 2016). E a chave para a compreensão da epidemiologia da TB é a relação entre a infecção e doença com as suas formas de transmissão.

Para tanto, é essencial para o controle da doença, que seja feito o diagnóstico precoce e a remoção dos animais doentes da propriedade analisada, pois essas medidas têm impacto direto no ciclo de transmissão da TB (SKUCE et al., 2012).

A forma mais eficaz e econômica de se proteger as pessoas da possível infecção por patógenos zoonóticos é por intermédio do controle desses agentes em suas fontes animais através de programas de controle e erradicação. Com a implantação desses programas e de políticas públicas, se torna possível reduzir consideravelmente, o risco humano de infecção por doenças com potencial zoonótico (OIE, 2017).

2.1.3 Diagnóstico

O diagnóstico da tuberculose bovina é realizado baseado em testes que promovem reações de hipersensibilidade no animal ainda vivo. Caso o animal tenha vindo a óbito, a infecção é diagnosticada por meio de necropsia, técnicas bacteriológicas e histopatológicas. Os métodos histológicos são considerados rápidos e de baixo custo para o diagnóstico de tuberculose, contudo, apresentam baixa especificidade e sensibilidade (FURLANETTO et al., 2012), entretanto, a cultura microbacteriana é o *gold test* para a confirmação da infecção (RODRIGUES et al., 2008).

Como forma de complemento para a inspeção *post mortem*, existem disponíveis os testes histopatológicos, microbiológicos e moleculares. Os principais são: coloração dos tecidos por hematoxilina-eosina (HE), a baciloscopia, com coloração por Ziehl-Neelsen (ZN), e a cultura bacteriológica, e também testes moleculares baseados nas reações em cadeia da polimerase (PCR). Entretanto, esta metodologia possui alguns fatores que são restritivos para a aplicação em larga escala. Uma das condições para se fazer um teste histopatológico, é a necessidade de uma grande quantidade de bacilos viáveis, que não são frequentes em infecções recentes. Também se faz necessário o uso de métodos radicais de descontaminação, podendo comprometer a eficácia do cultivo e o crescimento do agente, e conseqüentemente, o diagnóstico definitivo de tuberculose que sempre será dependente do isolamento e identificação do agente etiológico (FURLANETTO et al., 2012).

Um diagnóstico eficiente depende do nível de sensibilidade do teste escolhido e de outras variáveis como intervalo do teste, características do interoperador, e período para análise. Para tanto é de extrema importância que o rebanho seja submetido a restrições de

movimentação até que os animais tenham sido submetidos a dois testes tuberculínicos com intervalo de tempo (SKUCE et al., 2012).

Alguns animais podem apresentar resultados inconclusivos ao teste tuberculínico, entretanto, em um estudo na Irlanda, verificou-se que esses animais estão mais propensos a ter um resultado positivo em um novo teste, ou seja, após a aplicação do primeiro teste, e da utilização de um intervalo de tempo, esses animais tendem a apresentar resultados positivos para TB no segundo teste (CLEGG et al., 2011).

No Brasil, de acordo com o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal (PNCEBT), são utilizados testes alérgicos de tuberculinização intradérmica, para o diagnóstico da tuberculose. Os mais empregados são: Teste Cervical Simples (TCS), Teste da Prega Caudal (TPC) e o Teste Cervical Comparativo (TCC), podendo este último, ser utilizado como teste confirmatório.

As diferenças entre as medições das dobras da pele antes e depois das inoculações das respectivas tuberculinas (A-aviária e B-bovina) irão determinar os resultados. Essas diferenças são interpretadas com base nos valores obtidos da subtração de B-bovina - A-aviária (mm), cujos resultados $\leq 1,9$ mm são considerados negativos; ≥ 4 mm serão positivos e entre 2,0 a 3,9 mm são inconclusivos. Todos os animais analisados devem ser submetidos a um novo teste em um intervalo de 60 a 90 dias. Outros testes diretos e indiretos de diagnóstico para tuberculose bovina poderão ser utilizados para complementar ou substituir os testes especificados no regulamento da PNCEBT, após a aprovação do Departamento de Saúde Animal e nas condições já pré-estabelecidas pela norma regente (BRASIL, 2006).

2.1.4 A Importância da Tuberculose Bovina na Saúde Pública

Apesar do agente etiológico da TB vir sendo identificado por mais de um século, os avanços no seu estudo e a tecnologia disponível para o seu controle, não têm sido suficientes para garantir a erradicação da doença no mundo, sendo os países em desenvolvimento os mais afetados (ROCHA et al., 2016). Por provocar perdas consideráveis na pecuária e no comércio de produtos derivados do leite mundialmente, e por acometer diversas espécies de animais inclusive o homem, causando impactos sociais, a TB é considerada como uma doença de importância global sendo a sua notificação obrigatória (OIE, 2017).

Mundialmente, a doença vem sendo investigada por meio de inquéritos e levantamentos epidemiológicos. Na Grã-Bretanha foram desenvolvidos mapas de predição da ocorrência da doença (GILBERT et al., 2005). No Uruguai, foram descritos três casos de tuberculoses em homens, causadas por *M. bovis* (RIVAS et al., 2012). E nos Estados Unidos, foram feitos estudos sobre a eficácia de uma vacina para a TB (HORWITZ et al., 2000).

No Brasil, verificou-se que a TB se encontrava mais concentrada em rebanhos leiteiros, especialmente nos que foram classificados como de alta produção. E que nas 13 unidades federativas analisadas do país existia a ocorrência de TB, sendo as maiores prevalências verificadas: no Espírito Santo, na região norte do estado de São Paulo, na região leste de Goiás e no sul de Minas Gerais (FERREIRA NETO et al., 2016) (Figura 1).

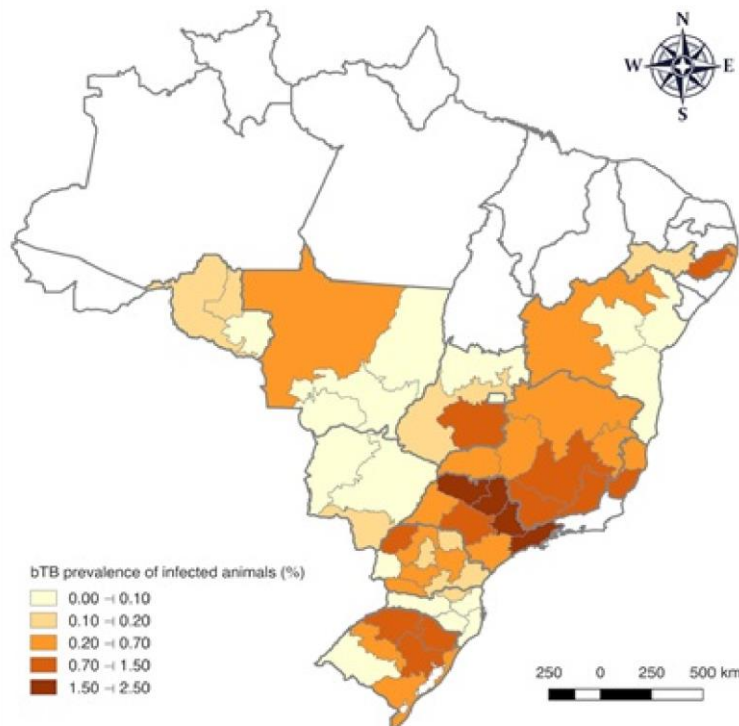


Figura 1. Prevalência de bovinos positivos para teste de tuberculina no Brasil.

Fonte: Ferreira Neto et al. (2016).

Na região nordeste, na cidade de Mossoró-RN foi encontrada uma prevalência de 8,66% nos animais (de 21 propriedades) submetidos ao teste na prega caudal (DE OLIVEIRA et al., 2007), verificando-se poucos estudos regionais sobre a prevalência de tuberculose bovina em outros municípios do país.

No Estado de Pernambuco, Lima et al. (2016) reportaram uma prevalência de 2,87% de tuberculose bovina em 960 rebanhos do estado localizados na Zona da Mata, Agreste e

Sertão. Entretanto, a análise espacial da tuberculose bovina no Estado de Pernambuco não está totalmente caracterizada, necessitando de maiores pesquisas sobre o tema.

2.2 BRUCELOSE

2.2.1 Agente Etiológico

A brucelose é uma doença classificada como zoonose que está entre as mais difundidas no mundo. Estima-se que anualmente ocorram 500 mil novos casos nos animais susceptíveis, representando uma grande ameaça para a saúde pública e para a economia agropecuária (XAVIER et al., 2010). É causada pela bactéria do gênero *Brucella* e é considerada de caráter endêmico em diversos países e regiões (ALMEIDA et al., 2016), por afetar populações de animais e pessoas no Mediterrâneo, em regiões do Médio Oriente, partes da África, Europa, América Latina e Ásia central (BUYUKCANGAZ e SEN, 2007).

As bactérias do gênero *Brucella* são consideradas pequenas, do tipo Gram-negativas (0,6 x 0,6 x 1,5- μm), cocobacilares intracelulares facultativas e imóveis. Sendo aeróbicas, capnofílicas e catalase-positivas (XAVIER et al., 2010). Cada espécie de *Brucella* spp. têm o seu hospedeiro preferencial, por exemplo, *Brucella abortus* que têm como hospedeiros bovinos e bubalinos, e *B. melitensis* que acomete caprinos e ovinos (BRASIL, 2006). *B. neotomae* foi isolada em ratos do deserto e as espécies *B. suis* de biovars 1 e 3, acometem suínos, a biovar 2 lebres e suínos, e a biovar 5 foi isolada de roedores silvestres que não têm potencial zoonótico (BANAI e CORBEL, 2010).

B. melitensis, *B. suis* e *B. abortus* são espécies lisas, altamente patogênicas e responsáveis por doenças graves, não só nos animais como no homem. As únicas espécies que são do tipo rugoso são *B. ovis* que só foi encontrada infectando ovinos e *B. canis* causadora da brucelose canina e considerada a menos patogênica para o homem (POESTER et al., 2010).

Nos últimos anos, foi evidenciado que a especificidade da *Brucella* pode ser relativa ao invés de absoluta, pois algumas espécies podem ser infectadas, além do hospedeiro preferencial, permitindo, por exemplo, a transmissão da *B. abortus* para pequenos ruminantes e *B. melitensis* para bovinos que compartilham o mesmo pasto (BANAI e CORBEL, 2010).

Quando se leva em consideração os bovinos, a maioria dos casos de brucelose tem *B. abortus* como agente etiológico. A sua infecção pode provocar abortamentos durante o último

trimestre de gestação, mortalidade perinatal e infertilidade devido ao desenvolvimento de orquites em machos (SANTOS et al., 2013).

2.2.2 Epidemiologia

No Brasil, em 1913, foi relatado pela primeira vez, um caso de brucelose no homem. Desde então, vários inquéritos epidemiológicos revelaram a ocorrência da infecção também nos animais domésticos em todo o país (GOMES, 2007). Trata-se de uma doença com uma variedade de apresentações clínicas, podendo provocar sinais clínicos sistêmicos e às vezes, casos de infecção assintomática. Conseqüentemente, os animais infectados podem apresentar ou não sinais clínicos, e se tornam fontes de infecção, eliminando o agente no ambiente em que vivem por meio de secreções e excreções. E é comprovado que fêmeas que sofreram aborto, liberam grandes quantidades do agente no ambiente, contaminando a água, solo e pastagens (MEGID et al., 2010).

A transmissão da brucelose ao ser humano, majoritariamente se dá pela ingestão de leite contaminado não pasteurizado e de produtos lácteos provenientes de animais infectados, pois a infecção por *B. abortus* está associada à mastite intersticial (muitas vezes subclínica), sendo o agente eliminado no leite de vacas leiteiras (SANTOS et al., 2013). Contudo, a infecção também pode ocorrer através de fluidos e tecidos de fetos de fêmeas infectadas ou carcaças, pelo contato com escoriações de pele do homem (XAVIER et al., 2010). Com menor frequência, também pode ocorrer a infecção acidental devido a manipulação de cepas vacinais ou *Brucella* virulenta em laboratórios (NETA et al., 2010).

Fetos que foram abortados, assim como secreções uterinas e membranas fetais eliminadas após o parto ou aborto são importantes vias de transmissão. Em condições naturais, a transmissão venérea não é a principal via de transmissão, mas a inseminação artificial com sêmen contaminado é que representa um risco potencial de transmissão (MORENO, 2014). Também existe a possibilidade de infecção por *Brucella* por pele lesionada e da conjuntiva por contato, e da mucosa respiratória por meio de inalação. Entretanto, a via mais comum de infecção em bovinos é através do trato gastrointestinal, por onde o agente se dissemina para parte intracelular dos linfonodos. (KO e SPLITTER, 2003).

Muitos fatores podem dificultar ou facilitar a disseminação do agente em um rebanho e no ambiente em que vivem, influenciando na eficácia do controle da brucelose. Esses fatores podem ser: a prevalência da doença em uma determinada região, tipo de criação

utilizada nas propriedades, a vigilância aplicada no local, a qualidade e disponibilidade das vacinas, os recursos disponíveis, e da cooperação entre setores de agências de defesa sanitária (NICOLETTI, 2010).

A transmissão da brucelose ao ser humano, majoritariamente se dá pela ingestão de leite contaminado não pasteurizado e de produtos lácteos provenientes de animais infectados, pois a infecção por *B. abortus* está associada à mastite intersticial (muitas vezes subclínica), sendo o agente eliminado no leite de vacas leiteiras (SANTOS et al., 2013). Contudo, a infecção também pode ocorrer através de fluidos e tecidos de fetos de fêmeas infectadas ou carcaças, pelo contato com escoriações de pele do homem. Geralmente esse último tipo de infecção ocorre em profissionais da área agropecuária como médicos veterinários, zootecnistas, agricultores e criadores de rebanhos (XAVIER et al., 2010). Com menor frequência, também pode ocorrer a infecção acidental devido a manipulação de cepas vacinais ou *Brucella* virulenta em laboratórios (NETA et al., 2010).

A ocorrência da brucelose em populações humanas depende principalmente do controle da doença nos animais. (NICOLETTI, 2010). E conseqüentemente, quando a vigilância em um determinado local é eficiente, ela não gera apenas crescimento econômico em uma região, gera um fortalecimento de políticas importantes para a saúde pública, reduzindo o impacto da zoonose no ser humano (MAMISASHVILI et al., 2013).

Devido à ausência de uma vacina eficiente para o homem, a prevenção da ocorrência da doença em funcionários de fazendas e na população humana é baseada na aplicação de medidas de saneamento, na pasteurização do leite e do controle da doença em animais domésticos (ADAMS e SCHUTTA, 2010).

2.2.3 Diagnóstico

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), tanto em países em desenvolvimento como nas nações consideradas desenvolvidas, não se têm dados precisos sobre a real incidência da brucelose devido à falha na notificação dos casos que deveria ser de caráter compulsório em todo o mundo. Entretanto, é de conhecimento que a incidência na população humana pode variar de acordo com a densidade dos rebanhos de uma localidade, com o grau de endemia da doença, com o nível socioeconômico e os hábitos alimentares da população (CARVALHO et al., 1995).

O diagnóstico da infecção por *Brucella* spp. é baseado na detecção de anticorpos (BUYUKCANGAZ e SEN, 2007), podendo ser feito o seu diagnóstico através do ensaio de imun absorção enzimática (ELISA), teste de fixação de complemento (CFT), teste de soro aglutinação (SAT) ou pelo teste do anel de leite (MRT) (O' LEARY et al., 2006).

Contudo, todos os métodos descritos para a detecção da infecção possuem limitações, aumentando o interesse da comunidade científica mundial no desenvolvimento de métodos precisos e rápidos para a detecção da *Brucella* spp. em amostras bovinas. A reação em cadeia polimerase (PCR) é um método sensível, rápido, específico e relativamente barato para a detecção de DNA da *Brucella* e várias regiões do seu genoma foram identificadas e usadas em ensaios de PCR (O' LEARY et al., 2006).

As espécies de *Brucella*, com exceção de *B. ovis* e *B. canis*, contêm em sua parede celular externa o lipopolissacarídeo liso (LPS). *Brucella ovis* e a *B. canis* possuem em sua superfície externa o lipopolissacarídeo rugoso (LPR) e antígenos proteicos. Devido a isso, praticamente todos os testes sorológicos para pesquisa de anticorpos anti-*Brucella* lisa utilizam antígeno de *B. abortus* (POESTER et al., 2010). E de acordo com O'Leary et al. (2006), o isolamento bacteriológico do organismo causador da brucelose e sua identificação é descrito como a escolha de “padrão ouro” para o diagnóstico da doença.

No Brasil, de acordo com o Regulamento Técnico do PNCEBT, o diagnóstico da brucelose deve ser feito utilizando a prova do antígeno acidificado tamponado (AAT) como teste de triagem. E animais que apresentem resultado positivo nesse teste podem ser classificados como infectados ou podem ser submetidos a um teste confirmatório usando a combinação das provas de soroaglutinação lenta e do 2- mercaptoetanol (2-ME) ou pelo uso da reação de fixação de complemento (RFC) (BRASIL, 2006).

2.2.4 A Importância da Brucelose para a Saúde Pública

A brucelose provoca perdas econômicas significativas em sistemas de produção, e têm sérias implicações para a saúde dos animais e para a saúde pública, devido ao seu caráter zoonótico (ALMEIDA et al., 2016). Devido a esses fatores, em 2001, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), instituiu o Programa Nacional de Controle e Erradicação de Brucelose e Tuberculose Animal (PNCEBT) definindo estratégias no controle da brucelose e tuberculose bovina no Brasil (BRASIL, 2006).

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 104, de 25 de janeiro de 2011, os surtos de doenças de veiculação hídrica e alimentar como a brucelose por exemplo, são enquadrados como ocorrências de extrema importância para a saúde pública quando existe alteração no padrão epidemiológico da doença. Para tanto, no Brasil, a notificação da brucelose não é obrigatória quando ocorrem casos isolados, entretanto caso ocorra a identificação de casos, deve se feita a notificação seguida da investigação epidemiológica e adotadas as medidas de controle indicadas (BRASIL, 2006).

Apesar de o Brasil ser um grande produtor de leite, e da constante modernização da cadeia agroindustrial, no país se consome um grande volume de leite sem passar pelo sistema de inspeção federal ou municipal (GONÇALVES et al., 2009b). De acordo com Bandeira (2001), 40% da produção nacional de leite fluido é destinada ao consumo ou é vendida através de produtos derivados do leite, sem passar por uma inspeção oficial. Durante o período que compreendeu os anos de 1994 a 2000, a produção de leite que foi destinada ao consumo, 34% do leite líquido, 63% dos queijos e 41% dos produtos restantes, não passaram por nenhum tipo de inspeção, oferecendo riscos à saúde da população brasileira (GONÇALVES et al., 2009b).

A brucelose bovina também oferece riscos de infecção a agricultores, médicos veterinários, trabalhadores dos centros de abate e técnicos de laboratório, e por isso é considerada uma doença ocupacional. Porque as bactérias da família Brucellaceae podem ser encontradas em grande quantidade no leite, urina e produtos de abortamento oriundo de animais infectados, podendo afetar a saúde de profissionais que tenham contato com essas secreções (TENÓRIO et al., 2008).

Como as informações sobre o impacto econômico que a brucelose bovina pode gerar em uma região são relativamente escassas, Santos et al. (2013) desenvolveram um estudo no Brasil sobre o tema, analisando fatores importante como: gastos relacionados com as ocorrências de abortos, número de natimortos, subfertilidade, descartes involuntários, mortalidade, intervenções veterinárias, diminuição da produção de leite e de carne e prevalência da doença em 90% do rebanho brasileiro (Tabela 1). Verificou-se que a cada 1% de variação da prevalência da brucelose, estima-se um dispêndio de 155 milhões de reais na indústria pecuária Brasileira. Como resultado, o prejuízo total estimado para o país foi de aproximadamente 892 milhões de reais.

Tabela 1. Prevalência de brucelose bovina por estado no Brasil.

Estado	Prevalência na propriedade (%)*	Prevalência de soropositivos (%)*	Referência
Acre	Indisponível	Indisponível	-
Alagoas	Indisponível	Indisponível	-
Amapá	Indisponível	Indisponível	-
Amazonas	Indisponível	Indisponível	-
Bahia	4,20	0,66	Alves et al. (2009)
Ceará	Indisponível	Indisponível	-
Distrito Federal	2,52	0,16	Gonçalves et al. (2009a)
Espírito Santo	9,00	3,53	Azevedo et al. (2009)
Goiás	17,54	3,01	Rocha et al. (2009)
Maranhão	Indisponível	Indisponível	-
Mato Grosso	41,20	10,20	Negreiros et al. (2009)
Mato Grosso do Sul	41,50	7,93	Chate et al. (2009)
Minas Gerais	6,04	1,09	Gonçalves et al. (2009b)
Pará	Indisponível	10,92	Minervino et al. (2011)
Paraíba	Indisponível	Indisponível	-
Paraná	4,02	1,73	Dias et al. (2009b)
Pernambuco	4,5	1,4	Almeida et al. (2016).
Piauí	Indisponível	Indisponível	-
Rio de Janeiro	15,42	4,08	Klein-Gunnewiek et al. (2009)
Rio Grande do Norte	Indisponível	Indisponível	-
Rio Grande do Sul	2,06	1,02	Marvulo et al. (2009)
Rondônia	35,18	6,22	Villar et al. (2009)
Roraima	Indisponível	Indisponível	-
Santa Catarina	0,32	0,06	Sikusawa et al. (2009)
São Paulo	9,70	3,81	Dias et al. (2009a)
Sergipe	12,60	3,36	Silva et al. (2009)
Tocantins	21,22	4,43	Ogata et al. (2009)

Fonte: Modificado de Santos et al. (2013).

Em Pernambuco, Almeida et al. (2016) relataram uma prevalência estimada de 4,5% de brucelose em 900 rebanhos na Zona da Mata, Agreste e Sertão. A maior frequência de animais infectados ocorreu na região do Agreste comparando-se as regiões da Zona da Mata e Sertão. Entretanto, não existe um relato de análise espacial desta doença na Região Metropolitana do Recife.

Diante do exposto, a utilização de informações sobre a brucelose além de beneficiar a saúde de um rebanho aprimorando técnicas de manejo, pode também auxiliar no desenvolvimento de novos métodos de controle da *Brucella* e de outras doenças bacterianas dos animais domésticos. E esse desenvolvimento nos métodos de prevenção da brucelose bovina, é de extrema importância para a saúde pública e defesa sanitária animal (ADAMS e SCHUTTA, 2010).

2.3 PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE E ERRADICAÇÃO DA BRUCELOSE E TUBERCULOSE ANIMAL

Atualmente, apesar do agente etiológico da tuberculose bovina vir sendo identificado por mais de um século por uma variedade de pesquisadores, os avanços em tecnologia e conhecimento disponíveis não têm sido suficientes para garantir a erradicação da doença no mundo. É de conhecimento geral que os países em desenvolvimento são os que possuem as populações de animais e pessoas mais afetados pela doença (ROCHA et al., 2016).

A brucelose é uma zoonose que afeta a saúde humana e a indústria animal no mundo inteiro, e na maioria dos países se trata de uma doença de notificação obrigatória (PAHO, 2000). Entretanto, no Brasil a notificação não é obrigatória quando ocorrem casos isolados, mas na vigência de surtos, deve ser feita a notificação aos órgãos de saúde do país seguida da investigação epidemiológica e adoção de medidas de controle adequadas (BRASIL, 2006).

Como a tuberculose e a brucelose provocam significantes perdas econômicas para produtores de carne e leite no Brasil e no mundo, no ano de 2001 o Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil (MAPA) lançou o Programa Nacional para o Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCETB) (VENDRAME et al., 2016).

O objetivo principal do PNCEBT é reduzir os impactos negativos que a tuberculose e a brucelose provocam na saúde pública reduzindo a sua prevalência e incidência no país. Também faz parte do seu objetivo certificar estabelecimentos de criação, nos quais o controle

e erradicação destas enfermidades sejam executados com rigor e eficácia, aumentando a oferta de produtos de baixo risco para a saúde da população brasileira. E promover o fortalecimento da indústria pecuária no Brasil, aumentando a sua competitividade no mercado internacional (BRASIL, 2006).

A estratégia de atuação do PNCEBT é baseada na classificação das unidades federativas do Brasil quanto ao grau de risco para essas doenças e na definição e aplicação de procedimentos de defesa sanitária animal, de acordo com a classificação de risco. As medidas sanitárias do programa são de caráter compulsório podendo ser associadas às ações de adesão voluntária. Tais medidas consistem: no controle da movimentação e reprodução de animais e a participação de reprodutores em exposições, feiras, leilões e outras aglomerações; na vacinação de bezerras entre os três e oito meses de idade contra a brucelose; certificação de estabelecimentos de criação livres de tuberculose e brucelose; padronização das técnicas de diagnósticos utilizadas; eutanásia dos animais reagentes às doenças; e aperfeiçoamento na integração do serviço de defesa sanitária com o serviço oficial de inspeção de produtos de origem animal (BRASIL, 2006).

2.4 A IMPORTÂNCIA DO USO DAS GEOTECNOLOGIAS

Ao longo dos anos, o desenvolvimento de uma civilização pode provocar mudanças drásticas na paisagem de uma região devido ao fato de que a maioria das medidas de gerenciamento e proteção de um ecossistema afetam e são afetadas pelo meio ambiente. Autoridades e órgãos públicos responsáveis pelo planejamento municipal e estadual tomam decisões sobre a infraestrutura de uma cidade, que afetam diretamente o meio ambiente, e os detalhes das atividades de uma fazenda, como o que será plantado e a forma de cultivo, são afetados pelo ambiente e podem interferir na paisagem local. E sabe-se que as decisões tomadas por proprietários de empresas para o desenvolvimento dos seus negócios, são afetadas por fatores climáticos e pelo ambiente, como também podem interferir em biomas locais. Portanto, compreender e modelar os padrões espaciais dos processos e mudanças da paisagem ao longo do tempo em diferentes escalas é fundamental para o gerenciamento ambiental eficaz e para o desenvolvimento de uma população (COSTANZA e VOINOV, 2004).

Uma das maneiras de se conhecer a saúde de uma população de forma mais detalhada, é pela confecção de mapas georreferenciados, que permitem definir a distribuição espacial de situações de risco de um determinado agravo ou doença (BARCELLOS e RAMALHO, 2002). A construção de mapas contendo dados de saúde permite observar fenômenos que algumas vezes podem não ser possíveis de verificar com dados organizados em tabelas. Com isso, as informações geradas, por intermédio de convenções e representações, são convertidas em dados que podem subsidiar decisões e o consequente fomento de ações de saúde pública. (BAVIA, 2004; LOPES et al., 2006).

Na atualidade, novas ferramentas podem ser utilizadas, como por exemplo, o uso de mapas e dados geográficos através do geoprocessamento, que ao ser usado como ferramenta de investigação epidemiológica, permite investigar e determinar se existem fatores ambientais que contribuam no desenvolvimento e transmissão de doenças (MALONE e BERGQUIST, 2012).

Para tanto, as geotecnologias, são instrumentos do geoprocessamento e podem englobar diversas técnicas de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de dados geográficos. Dentre essas tecnologias, se destacam: o Sensoriamento Remoto (SR), a Digitalização de Dados, a Automação de Tarefas Cartográficas, a utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Position System*) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) (CARVALHO et al., 2000). Na área de saúde, o SIG vem sendo utilizado com sucesso na identificação e delimitação de áreas de risco de diferentes tipos de agravos à saúde de uma determinada população através de estudos da distribuição espacial das doenças (BAVIA, 2004).

Nos últimos anos, diversos trabalhos têm demonstrado a utilidade das geotecnologias na identificação e monitoramento de doenças infecciosas e parasitárias como: toxoplasmose (INAGAKI et al., 2014); dirofilariose (CIUCA et al., 2016); tuberculose bovina (ÁVILA et al., 2013); esquistossomose (BARBOSA et al., 2016).

Nas pesquisas de importância para defesa sanitária animal, existe o estudo de Bavia et al. (2012) que utilizaram a análise espacial de varredura para identificação de áreas de risco para a cisticercose bovina no estado da Bahia, e de Schunn et al. (2013) que fizeram a análise de fatores de risco para a dictiocaulose em rebanhos de gado leiteiro na Alemanha.

Portanto, diante do exposto, ressalta-se a importância de estudos da distribuição espacial da brucelose e tuberculose, que são zoonoses de importância para a saúde pública, e também têm grande importância na defesa sanitária animal na Região Metropolitana de Recife.

3 REFERÊNCIAS

ADAMS, L. G; SCHUTTA, C. J. Natural resistance against brucellosis: a review. **The Open Veterinary Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 61-71, 2010.

ALMEIDA, E. C.; FREITAS, A. A.; PONTUAL, K. A. Q.; SOUZA, M. M. A.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; TELLES, E.O.; HEINEMANN, M. B.; GONÇALVES, V. S. P.; NETO, J. E.; MARVULO, M. F. V.; GRISI-FILHO, J. H. H.; NETO, J. S. F.; SILVA, J. C. R. Prevalence and associated risk factors for bovine brucellosis in the state of Pernambuco, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, supl. 2, p. 3413-3424, 2016.

ALVES, A. J. S.; GONÇALVES V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; BAHIENSE, 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.

ÁVILA, L. N.; PEREZ, A. M.; NETO, J. S. F.; FERREIRA, F.; TELLES, E. O.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; GONÇALVES, V. S. Análise de detecção de cluster na caracterização espaço-temporal da tuberculose bovina no Estado da Bahia. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 11, 2013.

AZEVEDO, S. S.; FERREIRA NETO, J. S.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; GONÇALVES, V. S. P.; SOUZA, A. C.; VASCONCELLOS, S. A. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Espírito Santo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 19-26, 2009.

BANAI, M.; CORBEL, M. Taxonomy of *Brucella*. **The Open Veterinary Science Journal**, v. 4, p. 85-101, 2010.

BANDEIRA, A. A melhoria da qualidade e a modernização da pecuária leiteira nacional. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 89-100, 2001.

BARASONA, J. A.; ACEVEDO, P.; DIEZ-DELGADO, I.; QUEIROS J, CARRASCO-GARCIA, R.; GORTAZAR, C.; VICENTE, J. Tuberculosis-associated death among adult wild boars, Spain, 2009-2014. **Emerging Infectious Diseases**, v. 22, p. 2178–2180, 2016.

BARBOSA V. S.; GUIMARÃES R. J. P.S.; LOYO R. M.; BARBOSA C. S. Modelling of the distribution of *Biomphalaria glabrata* and *Biomphalaria straminea* in the metropolitan region of Recife, Pernambuco, Brazil. **Geospatial Health**, v. 11, p. 362-367, 2016.

BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. **Informática Pública**, v. 4, n. 2, p. 221–230, 2002.

BAVIA, M. E.; CARNEIRO, D. D. M. T.; CARDIM, L. L.; SILVA, M. M. N.; & MARTINS, M. S. Estatística espacial de varredura na detecção de áreas de risco para a cisticercose bovina no estado da Bahia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n. 05, p. 1200-1208, 2012.

BAVIA, M. E. Monitoramento ambiental e o controle das doenças endêmicas através da identificação de áreas de risco. In: **Anais... SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO**. Aracaju, SE, Brasil, p. 1–10, 2004.

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

BUYUKCANGAZ, E.; SEN, A. The first isolation of *Brucella melitensis* from bovine aborted fetus in Turkey. **Journal of Biological and Environmental Science**, v. 1, n. 3, p. 139-142, 2007.

CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana da Saúde, 2000. 120 p.

CARVALHO, M. S.; BARROSO, M. R.; PINHAL, F.; TAVARES, F. M. Brucelose, alguns aspectos epidemiológicos. **Medicina Interna**, v. 2, n. 4, p. 259-261, 1995.

CATÃO-DIAS, J. L.; CARVALHO, V. M. Zoonoses. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. 1. ed. São Paulo: Roca, Cap. 43, p. 726-735, 2007.

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.

CIUCA, L.; MUSELLA, V.; MIRON, L. D.; MAURELLI, M. P.; CRINGOLI, G.; BOSCO, A.; RINALDI, L. Geographic distribution of canine heartworm (*Dirofilaria immitis*) infection in stray dogs of eastern Romania. **Geospatial Health**, v. 11, p. 318-323, 2016.

CLEGG, T. A.; GOOD, DUIGNAN, A.; M. A.; DOYLE, R. D; MORE S. J. Shorter-term risk of *Mycobacterium bovis* in Irish cattle following an inconclusive diagnosis to the single intradermal comparative tuberculin test. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 102, n. 4, p. 255–264, 2011.

COSTANZA, R.; VOINOV, A. (Eds.). **Landscape simulation modeling: a spatially explicit, dynamic approach**. Springer Science & Business Media. 2004. 330 p.

CORREIA, V. R. M.; CARVALHO, M. S.; SABROZA, P. C.; VASCONCELOS, C. H. Remote sensing as tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 1–32, 2004.

DE OLIVEIRA, I. A. S.; MELO, H. P. Da C.; CÂMARA, A.; DIAS, R. V. DA C.; SOTO-BLANCO, B. Prevalência de tuberculose no rebanho bovino de Mossoró, Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 44, n. 6, p. 395-400, 2007.

DIAS, R. A.; GONÇALVES, V. S. P.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; LIMA, Z. M. B.; PAULIN, L. M. S.; GUNNEWIEK, M. F. K.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA, F. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 118-125, 2009a.

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, 2009b.

FERREIRA NETO, J. S.; SILVEIRA, G. B.; ROSA, B. M.; GONÇALVES, V. S. P.; GRISI – FILHO, J. H. H.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M. B.; TELLES, E. O.; LAGE, A. P. Analysis of 15 years of the National Program for the Control and Eradication of Animal Brucellosis and Tuberculosis, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, supl. 2, p. 3385-3402, 2016.

FIGUEIREDO, S. M.; ROCHA, V.; HIGINO, S. S.; BATISTA, C. S.; ALVES, C. J.; CLEMENTINO, I. J.; AZEVEDO, S. S. Tuberculose bovina no Estado da Paraíba: estudo retrospectivo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 712-716, 2010.

FURLANETTO, L. V.; FIGUEIREDO, E. E.; CONTE JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, R. C.; SILVA, F. G.; SILVA, J. T.; LILENBAUM, W.; PASCHOALIN, V. M. Uso de métodos complementares na inspeção post mortem de carcaças com suspeita de tuberculose bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1138-1144, 2012.

GILBERT, M.; MITCHELL, A.; BOURN, D.; MAWDSLEY, J.; CLIFTON-HADLEY, R.; WINT, W. Cattle movements and bovine tuberculosis in Great Britain. **Nature**, v. 435, n.7041, p. 491-496, 2005.

GOMES, M. J P. Gênero *Brucella* spp. **Microbiologia clínica**. Porto Alegre: LABACVET, p. 3-6, 2007.

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, n.1, p. 14-18, 2009a.

GONÇALVES, V. S. P.; DELPHINO, M. K. D. V. C.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J. S.; PORTO, T. B.; ALVES, C. M.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 1, p. 35-45, 2009b.

HORWITZ, M. A.; HARTH, G.; DILLON, B. J.; MASLEŠA-GALIĆ, S. Recombinant bacillus Calmette–Guérin (BCG) vaccines expressing the *Mycobacterium tuberculosis* 30-kDa major secretory protein induce greater protective immunity against tuberculosis than conventional BCG vaccines in a highly susceptible animal model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 25, p. 13853-13858, 2000.

INAGAKI, A. D. M.; CARDOSO, N. P.; LOPES, R. J. P. L.; ALVES, J. A. B.; MESQUITA, J. R. F.; ARAÚJO, K. C. G. M.; KATAGIRI, S. Análise espacial da prevalência de toxoplasmose em gestantes de Aracaju, Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v.36, p. 535-540, 2014.

KLEIN-GUNNEWIEK, M. F. C.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; GITTI, C. B.; PEREIRA, L. A.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LOBO, 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.

KO, J.; SPLITTER, G.A. Molecular host–pathogen interaction in brucellosis: current understanding and future approaches to vaccine development for mice and humans. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 6, p. 65–78, 2003.

LIENHARDT, C. From exposure to disease: the role of environmental factors in susceptibility to and development of tuberculosis. **Epidemiologic Reviews**, v. 23, n. 2, p. 288-301, 2001.

LIMA, P. R. B.; NASCIMENTO, D. L.; ALMEIDA, E. C; PONTUAL, K. A. Q.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; GONÇALVES, V. S. P.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J.

H. H.; HEINEMANN, M. B.; SILVA, J. C. R.; NETO, J. F. N. Situação epidemiológica da tuberculose bovina no estado de Pernambuco, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, p. 3601-3610, 2016.

LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9, p. 215-225, 2006.

MALONE, J. B.; BERGQUIST, N. R. Mapping and modelling neglected tropical diseases and poverty in Latin America and the Caribbean. **Geospatial Health**, v. 6, p. S1-S5, 2012.

MAMISASHVILI, E.; KRACALIK, I. T.; ONASHVILI, T.; KERDZEVADZE, L.; GOGINASHVILI, K.; TIGILARI, T.; DONDUASHVILI, M.; NIKOLAISHVILI, M.; BERADZE, I.; ZAKAREISHVILI, M.; KOKHREIDZE, M.; GELASHVILI, M.; VEPKHVADZE, N.; RÁCZ, S. E.; ELZER, P. H.; NIKOLICH, M. P.; BLACKBURN, J. K. Seroprevalence of brucellosis in livestock within three endemic regions of the country of Georgia. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 110, n. 3-4, p. 554-557, 2013.

MARVULO, M. F. V.; CARVALHO, V. M. Zoonoses. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, Cap. 166, p. 2194-2206, 2014.

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.

MEGID, J.; MATHIAS, L. A.; ROBLES, C. A. Clinical manifestations of brucellosis in domestic animals and humans. **The Open Veterinary Science Journal**, v.4, p.119- 126, 2010.

MICHEL, A. L.; GEOGHEGAN, C.; HLOKWE, T.; RASELEKA, K.; WAYNE, M. G.; MARCOTTY, T. Longevity of *Mycobacterium bovis* in raw and traditional souring milk as a function of storage temperature and dose. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, 2015.

MINERVINO, A. H. H.; CALHAU, A. S.; ALVES FILHO, A.; BARBOSA, R. S.; NEVES, K. A. L.; BARROS, I. O.; BARRETO, R.A.; ORTOLANI, E. L. Estudo retrospectivo da ocorrência de bovinos soro reagentes à brucelose no estado do Pará. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 5, p. 47-53, 2011.

MORENO, E. Retrospective and prospective perspectives on zoonotic brucellosis. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, n. 213, p. 1-18, 2014.

MURAKAMI, P. S.; FUVERKI, R. B. N.; NAKATANI, S. M.; FILHO, I. R. B.; BIONDO, A. W. Tuberculose bovina: saúde animal e saúde pública. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 12, n. 1, p. 67-74, 2009.

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 de Mato Grosso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 56-65, 2009.

NETA, A. V. C.; MOL, J. P.; XAVIER, M. N.; PAIXÃO, T. A.; LAGE, A. P.; SANTOS, R. L. Pathogenesis of bovine brucellosis. **The Veterinary Journal**, v. 184, n. 2, p. 146-155, 2010.

NICOLETTI, P. Brucellosis: past, present and future. **Prilozi**, v. 31, n. 1, p. 21-32, 2010.

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 do Tocantins. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 61, p. 126-134, 2009.

OIE. WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em:

<<http://www.oie.int/standard-setting/terrestrial-manual/access-online/>>. Acessado em: 03 dez. 2017.

O'LEARY, S.; SHEAHAN, M.; SWEENEY, T. *Brucella abortus* detection by PCR assay in blood, milk and lymph tissue of serologically positive cows. **Research in Veterinary Science**, v. 81, n. 2, p. 170-176, 2006.

PAHO - Pan American Health Organization. Case Definitions: Anthrax, Brucellosis and Rabies. **Epidemiological Bulletin**, v. 21, n. 3, p. 12-14, 2000.

POESTER, F.; FIGUEIREDO, V. F.; LÔBO, J. R.; GONÇALVES, V. 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, 2010.

RIVAS, C.; GREIF, G.; COITINHO, C.; ARAÚJO, L.; LASERRA, P.; ROBELLO, C. Primeros casos de tuberculosis pulmonar por *Mycobacterium bovis*: una zoonosis reemergente en Uruguay. **Revista Médica del Uruguay**, v. 28, n. 3, p. 209-214, 2012.

ROCHA, W. V.; GONÇALVES, V. S. P.; COELHO, C. G. N. F. L.; BRITO, W. M. E. D.; DIAS, R. A.; DELPHINO, M. K. V. C.; FERREIRA, F.; AMAKU M.; FERREIRA NETO, J. S.; FIGUEIREDO, V. C. F.; LÔBO, J. R.; BRITO, L. A. B. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Goiás. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 27-34, 2009.

ROCHA, W. V.; JAYME, V. S.; MOTA, A. L. A. De A.; BRITO, W. M. E. D.; PIRES, G. R. C.; NETO, J. S. F.; FILHOS, J. H. H. G.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; TELLES, E. O.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M. B.; GONÇALVES, V. S. P. (2016). Prevalence and herd-level risk factors of bovine tuberculosis in the State of Goiás, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, supl. 2, p. 3625-3638, 2016.

RODRIGUES, C. A.; MEDEIROS E.; MELLO G. C.; FAVARO M. R.; ZAPPA V. Controle da tuberculose bovina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 10, p. 1-5, 2008.

ROXO, E. *M. bovis* como causa de zoonose. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1997.

SANTOS, R. L.; MARTINS, T. M.; BORGES, Á. M.; PAIXÃO, T. A. Economic losses due to bovine brucellosis in Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 759-764, 2013.

SCHUNN, A. M.; CONRATHS, F.J.; STAUBACH, C.; FRÖHLICH, A.; FORBES, A.; SCHNIEDER, T.; STRUBE, C. Lungworm infections in German dairy cattle herds—Seroprevalence and GIS-supported risk factor analysis. **PLoS One**, v. 8, n. 9, 2013.

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.

SILVA, V. G. S. O.; DIAS, R. A.; FERREIRA F.; AMAKU, M.; COSTA, E. L. S.; LÔBO, J. R.; FIGUEIREDO, V. C. F.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA NETO, J. S. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Sergipe. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 109-117, 2009.

SKUCE, R. A.; ALLEN, A. R.; MCDOWELL, S. W. J. Herd-level risk factors for bovine tuberculosis: a literature review. **Veterinary Medicine International**, v. 2012, p. 1-10, 2012.

TENÓRIO, T. G. S.; MELO, L. E. H.; MOTA, R. A.; FERNANDES, C. H. C.; SÁ, L. M.; SOUTO, R. J. C.; PINHEIRO JUNIOR, J. W. Pesquisa de fatores de risco para a brucelose humana associados à presença de brucelose bovina no município de correntes, Estado de Pernambuco, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 4, p. 415-421, 2008.

VENDRAME, F. B.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; TELLES, E. O.; GRISI-FILHO, J. H. H.; GONÇALVES, V. S. P.; HEINEMANN, M. B; NETO, J. S. F.; DIAS, R. A. Epidemiologic characterization of bovine tuberculosis in the State of Rondônia, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, p. 3639-3646, 2016.

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.

XAVIER, M. N.; PAIXAO, T. A.; DEN HARTIGH, A. B.; TSOLIS, R. T.; SANTOS, R. L. Pathogenesis of *Brucella* spp. **The Open Veterinary Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 109-118, 2010.

4. ARTIGO CIENTÍFICO

4.1 ARTIGO CIENTÍFICO - Análise espacial da brucelose e tuberculose bovina na Região Metropolitana do Recife, Estado de Pernambuco

*O manuscrito foi elaborado de acordo com as “Instruções aos Autores” da revista científica Medicina Veterinária (UFRPE).

**Análise espacial da brucelose e tuberculose bovina na Região Metropolitana do Recife,
Estado de Pernambuco**

*[Spatial analysis of bovine tuberculosis and brucellosis in the Metropolitan Region of Recife,
Pernambuco State]*

“Artigo Científico/Scientific Article”

Paloma Carneiro **Machado**^{1,*}, Paula Regina Barros de **Lima**^{1,2}, José Lopes da **Silva Junior**^{1,3},
Erivânia Camelo de **Almeida**^{1,3,4}, Késia Alcântara Queiroz **Pontual**³, José Wilton **Pinheiro
Júnior**¹, Jean Carlos Ramos **Silva**¹

¹Laboratório de Saúde Única, Epidemiologia e Geoprocessamento, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

²Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória-SE, Brasil.

³Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro), Recife-PE, Brasil.

⁴Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), Brasília-DF, Brasil.

*Autor para correspondência/Corresponding author: E-mail: palomacarneiroms@gmail.com

Resumo

A brucelose e a tuberculose bovina são zoonoses de caráter infeccioso que têm ampla distribuição geográfica e acometem animais domésticos, selvagens e o homem, sendo uma ameaça para a Saúde Pública e a Defesa Sanitária Animal. Objetivou-se com este estudo elaborar mapas da distribuição espacial da brucelose e tuberculose bovina na Região Metropolitana do Recife, no Estado de Pernambuco, utilizando-se o banco de dados cedido

pela Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro). No total, foram utilizadas as informações coletadas pelos agentes da Adagro sobre rebanhos bovinos de 134 propriedades para brucelose, onde previamente foram realizados diagnósticos sorológicos nos bovinos, na triagem pelo teste de antígeno acidificado tamponado (Rosa Bengala) e a confirmação das amostras positivas pelo teste de fixação do complemento. Para a pesquisa de tuberculose foram analisadas 132 propriedades, com fêmeas bovinas que foram submetidas ao teste de tuberculinização comparativo na região cervical. Para as análises espaciais foi utilizada a localização geográfica das propriedades dos bovinos, os dados epidemiológicos das propriedades, e os resultados dos diagnósticos associando às informações gráficas (mapas da região), ao estudo da ocorrência da doença na região com o uso do *software* Quantum Gis. Na investigação da brucelose bovina, cinco (3,7%) propriedades distintas localizadas em Abreu e Lima, Igarassú e Jaboatão dos Guararapes, foram positivas e na investigação da tuberculose bovina, todas as propriedades foram negativas. Recomenda-se o desenvolvimento de políticas públicas para a orientação dos cidadãos recifenses sobre brucelose, sobretudo nos municípios afetados.

Palavras-chave: GIS; Saúde Pública; Sistemas de Informações Geográficas; zoonoses.

Abstract

The brucellosis and the bovine tuberculosis are zoonosis of infectious feature that have wide geographic distribution and affects domestic animals, wild animals, and the man, being a threat to Public health and for animal health defense. It was aimed with this study to elaborate maps of the spatial distribution of brucellosis and bovine tuberculosis in the Metropolitan region of Recife, in the state of Pernambuco, using the assigned database from Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro). In total, were used the informations collected by the agents of Adagro about cattle herds from 134 properties for

brucellosis, where previously were performed serological diagnostics at the bovines, by a screening with a tamponade acidified antigen test (Rose Bengal) and the confirmation of positive samples by the complement fixation test. For the tuberculosis research were analyzed 132 properties, with bovine females that were submitted to the cervical comparative tuberculin test. For the spatial analysis was used the geographic location of the animals properties, the epidemiological data of the properties, and the diagnostic results associating to the graphic information (region maps), to the study of the disease occurrence at the region, using the *software* Quantum Gis. In the brucellosis investigation, five (3,7%) different properties located at Abreu e Lima, Igarassú and Jaboatão dos Guararapes were positives and at the bovine tuberculosis investigation, all properties were negative. It is recommended the development of public policies for the orientation of Recife's citizens about brucellosis, especially in the affected municipalities.

Keywords: GIS; Geographic Information Systems; Public Health; zoonosis.

Introdução

Na atualidade, a pecuária é uma importante fonte econômica mundial por se tratar de uma atividade de subsistência para diferentes populações, em especial as de origem humilde, além de crescimento para grandes empresas. Para tanto, é de extrema importância que doenças com potencial zoonótico como a brucelose e tuberculose bovina, sejam controladas (Alonso et al., 2016).

A brucelose é uma doença altamente infecciosa, considerada endêmica em diversos países, que provoca perdas econômicas consideráveis em rebanhos leiteiros e de corte. E devido ao seu caráter zoonótico, é uma enfermidade importante para a Saúde Pública e Defesa

Sanitária Animal por representar risco às pessoas e aos sistemas de produção (Almeida et al., 2016). Devido a esses fatores, muitos países vêm adotando rigorosas medidas de controle ou de erradicação na população animal (Poester et al., 2010).

Em Pernambuco, Almeida et al. (2016) estimaram uma prevalência de 4,5% (3.901 animais), em animais procedentes de 900 rebanhos (de um total de 3.901 animais) na Zona da Mata, Agreste e Sertão. A maior prevalência de animais infectados ocorreu na região do Agreste comparando-se as regiões da Zona da Mata e Sertão.

A tuberculose bovina é uma doença infecciosa que precisa ser estudada com frequência, pois além de provocar prejuízos econômicos, acometendo rebanhos mundialmente, pode ser transmitida aos seres humanos. Por ser uma zoonose pouco pesquisada em pessoas, estima-se que em 100 mil casos de tuberculose humana que são descritos anualmente no Brasil, podem existir pelo menos quatro mil pessoas infectadas com o agente etiológico da tuberculose bovina (Murakami et al., 2009).

No Estado de Pernambuco, Lima et al. (2016) analisaram, a situação epidemiológica da tuberculose bovina em 5.728 animais provenientes de 906 propriedades e determinaram uma prevalência de 2,87% para as fazendas e de 0,62% para os animais. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), desenvolveu em 2001, o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT), se mantendo em harmonia com condutas preconizadas pelas organizações internacionais de Saúde (BRASIL, 2006).

Estudos epidemiológicos e a distribuição espacial das zoonoses são de extrema importância para auxiliar no conhecimento dos focos naturais de doenças, subsidiando as ações dos serviços de saúde pública veterinária (Marvulo e Carvalho, 2014). Pois, essas informações poderão servir de base para tomada de medidas que sirvam para o controle e prevenção de uma doença em particular (Waller e Gotway, 2004).

Até o presente momento, não existem estudos publicados sobre a distribuição espacial da brucelose no estado de Pernambuco. Para tanto, objetivou-se com este trabalho analisar a distribuição espacial das zoonoses brucelose e tuberculose, que são de importância para a defesa sanitária animal e para a saúde pública, na Região Metropolitana do Grande Recife, Estado de Pernambuco, correlacionando a sua ocorrência com fatores ambientais e condições de manejo.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em parceria com a Adagro que permitiu o acesso ao banco de dados para análise. O trabalho de campo foi conduzido pelos técnicos da Adagro no período de agosto de 2008 a agosto de 2009 para brucelose, e entre fevereiro e dezembro de 2014 para tuberculose.

Área analisada

O Estado de Pernambuco (Figura 1) possui uma área geográfica de 99.000km² e 84 municípios, os quais ocupam três grandes regiões: Zona da Mata, Agreste e Sertão (Pernambuco, 2015). A área de estudo escolhida foi a Região Metropolitana de Recife (Figura 2) que compreende os 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

Análise dos dados de Brucelose e Tuberculose Bovina

O delineamento experimental para a colheita das amostras e a análise estatística foram realizadas de acordo com Lima et al. (2016) na pesquisa de TB e de acordo com Almeida et al. (2016) na pesquisa de brucelose.

Na pesquisa da brucelose bovina, ao todo foram visitadas 134 propriedades, sendo analisadas 172 fêmeas com 24 meses ou mais. Foi utilizado um questionário para coleta de informações relacionadas ao manejo dos animais e estruturas da fazenda para análise na ocorrência da doença (como bebedouros coletivos, compartilhamento de pastos, presença de animais domésticos e silvestres no entorno, e tipo de produção e número de ordenhas). A propriedade era considerada positiva se ao menos um animal fosse detectado soropositivo para brucelose (Almeida et al., 2016).

Na pesquisa de tuberculose bovina, foram visitadas 132 propriedades, sendo analisadas 440 fêmeas com idade igual ou superior a 24 meses, em atividade reprodutiva. Inicialmente, um número predeterminado de propriedades com atividade de reprodução foi selecionado aleatoriamente por meio dos registros da Adagro. Em seguida, foram selecionadas fêmeas reprodutoras com idade igual ou superior a 24 meses em cada propriedade. Em propriedades com até 99 reprodutoras com 24 meses ou mais, 20 animais foram examinados, e em propriedades com 100 animais ou mais, 40 animais foram examinados (Lima et al., 2016).

Os animais analisados foram submetidos ao teste de tuberculinização comparativo na região cervical, que foi executado de acordo também com as normas do PNCEBT. Os casos inconclusivos foram reavaliados por um segundo teste, usando o mesmo procedimento de diagnóstico, em um intervalo mínimo de 60 dias.

Análise Espacial

Para as análises espaciais (brucelose e tuberculose bovinas) foi utilizado à localização geográfica das propriedades dos animais, os dados epidemiológicos das propriedades (resultados sorológicos, tipo de exploração, tipo de criação, vacinação, aluguel de pasto, presença de bebedouros coletivos, assistência veterinária e presença de solos alagados), e os

resultados dos diagnósticos da brucelose e tuberculose bovinas que foram cedidos pela Adagro, associando às informações gráficas (mapas), com as bases de dados de saúde alfanuméricos (dados epidemiológicos, e resultados positivos e negativos para as doenças citadas) (Skaba et al., 2004).

Com os dados fornecidos, foram elaboradas tabelas no programa *Microsoft Excell* (2010) para auxiliar a sua análise e a transferência para o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Em seguida, foram desenvolvidos mapas de ocorrência das doenças por meio do *software* Quantum GIS seguindo os comandos sugeridos pelo manual de uso do programa (QGIS, *Open Source Geospatial Foundation*). E verificou-se a existência de áreas urbanas ou de alta densidade demográfica nas proximidades das propriedades estudadas e se existia influência do manejo sanitário na ocorrência das doenças na área de estudo.

Resultados e Discussão

Dentre as 134 propriedades que tiveram seus animais analisados para brucelose, cinco (3,7%) apresentaram fêmeas infectadas com a doença (Tabela 1). As cinco propriedades com fêmeas infectadas estavam localizadas em três municípios, Abreu e Lima (n=1), Igarassú (n=1) e Jaboatão dos Guararapes (n=3) e foram identificadas com as letras A, B, C, D e E (Tabela 1), (Figura 3).

De acordo com o tipo de manejo utilizado nas propriedades positivas para brucelose bovina, verificou-se que as cinco fazendas utilizaram bebedouros coletivos para o fornecimento de água aos bovinos. Esse tipo de estrutura pode servir como fômite, facilitando a disseminação de patógenos, podendo ser um dos fatores para a infecção do rebanho com brucelose (Broughan et al., 2016).

Apenas a propriedade D utilizava o sistema extensivo de criação. Todas as outras fazendas possuíam o sistema de semiconfinamento para a criação dos animais, que pode

contribuir para a ocorrência da doença. Sabe-se que propriedades com animais vacinados e com acompanhamento de médicos veterinários têm menos chances de apresentarem casos de brucelose, entretanto, somente a propriedade C possuía assistência veterinária e um rebanho vacinado para brucelose. E nenhum produtor empregou o aluguel dos seus pastos, conseqüentemente, o risco de disseminação do patógeno para propriedades vizinhas era reduzido (Gomes, 2007).

Como o tipo de solo, pode auxiliar na ocorrência da doença, contribuindo na manutenção do agente no ambiente foi elaborado um mapa para análise espacial dos tipos de solo das propriedades (Figura 4). De acordo com o mapa, três propriedades encontram-se em região com solo podzólico distrófico, e duas propriedades em regiões com latossolo amarelo distrófico. Ambos os tipos de solo encontrados no mapa têm como característica a elevada acidez, e materiais argilosos, que apresentando boas condições físicas de retenção de umidade e acúmulo de água no local (Embrapa, 2018). E verificou-se que três propriedades (A, C e D) possuíam áreas de solo alagado, fator que pode auxiliar na manutenção do agente no ambiente (Aune et al., 2012).

Na Região Metropolitana do Recife, evidenciou-se que as cinco propriedades positivas, possuíam no seu entorno animais domésticos (cavalos, cães, gatos e ovelhas). Sabe-se que a brucelose afeta uma variedade de animais, o contato entre animais infectados e hospedeiros susceptíveis, como o cavalo (Antunes et al., 2013), cão (Aguar et al., 2005), gatos (Wareth et al., 2017) e ovelhas (Ocholi et al., 2005) pode ser um potencial método de dispersão de *b. abortus* no ambiente. E que todas as propriedades se encontram próximas a áreas urbanas da RMR (Figura 6) representando riscos à saúde da população humana do local (Aune et al., 2012).

Diante do exposto, apesar do baixo número de propriedades positivas para brucelose bovina na Região Metropolitana do Recife, recomenda-se a adoção de políticas de

conscientização da população local sobre a doença, especialmente nos municípios de Abreu e Lima, Igarassú e Jaboatão dos Guararapes. Estas atividades aliadas às medidas de prevenção que já são aplicadas em Pernambuco pelos profissionais da Adagro, futuramente será possível verificar o controle e a erradicação da brucelose, que poderá trazer grandes benefícios à saúde da população local e à economia da região.

Na análise espacial de tuberculose bovina, todas as propriedades foram negativas (Figura 5). Não podemos inferir a razão dos animais estarem negativos para a doença, entretanto sugere-se que seja uma área livre da ocorrência desta doença no período estudado, pela ausência do agente etiológico circulante na região e pelo trabalho dos agentes de defesa sanitária animal da Adagro ao aplicar as medidas sanitárias implementadas pelo PNCEBT (BRASIL, 2006). Entretanto, no ano de 2011 verificou-se a ocorrência de tuberculose bovina em três rebanhos leiteiros que se encontravam nos municípios de Camaragibe (dois rebanhos, totalizando 13 animais infectados e Recife (um rebanho com um animal infectado), que pertencem à região metropolitana do Recife (Mendes et al., 2011) demonstrando a importância da implementação de novos inquéritos epidemiológicos na região.

Dessa forma, recomenda-se que novos inquéritos de tuberculose bovina devem ser desenvolvidos na região para assegurar a erradicação da doença na região metropolitana do Recife.

Conclusão

A Região Metropolitana de Recife não apresentou rebanhos infectados por tuberculose bovina no período de 02/2014 a 12/2014. Entretanto, verifica-se a ocorrência de brucelose (no período de 08/2008 a 08/2009) em cinco propriedades visitadas e a existência de fatores de manejo e ambientais que podem auxiliar na manutenção do agente etiológico no local (utilização de bebedouros coletivos, ausência de vacinação, ausência de assistência veterinária

e solos alagados). E foi evidenciada a proximidade das propriedades positivas para brucelose às áreas urbanas, representando um possível risco à população local. Recomenda-se a aplicação de novos inquéritos de tuberculose bovina na região, e a realização de medidas de prevenção para brucelose nos municípios de Abreu e Lima, Igarassú e Jaboatão dos Guararapes como estratégia de prevenção da ocorrência das doenças.

Conflito de Interesse

Os autores declaram não existir conflitos de interesse.

Comitê de Ética

O presente estudo foi desenvolvido na Universidade Federal Rural de Pernambuco e todos os procedimentos estavam de acordo com a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (número da licença: 122/2017. Número do processo: 23082.024693/2017-15).

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte a pesquisa. E à Adagro por conceder o acesso aos dados que serviram de base para esta pesquisa. Jean Carlos Ramos Silva e José Wilton Pinheiro Júnior recebem Bolsa de Produtividade do CNPq.

Referências

Aguiar, D.M.D.; Cavalcante, G.T.; Vasconcellos, S.A.; Megid, J.; Salgado, V.R.; Cruz, T.F.; Labruna, M.B.; Pinter, A.; Silva, J.C.R.; Morais, Z.M.; Camargo, L. M. A. (2005). Ocorrência de anticorpos anti-Brucella abortus e anti-Brucella canis em cães rurais e

urbanos do Município de Monte Negro, Rondônia, Brasil. **Ciência Rural**, 1216-1219, 2005.

Almeida, E.C.; Freitas, A.A.; Pontual, K.A. Q.; Souza, M.M.A.; Amaku, M.; Dias, R.A.; Ferreira, F.; Telles, E.O.; Heinemann, M.B.; Gonçalves, V.S.P.; Neto, J.E.; Marvulo, M.F.V.; Grisi-filho, J.H.H.; Neto, J.S.F.; Silva J.C.R. Prevalence and associated risk factors for bovine brucellosis in the state of Pernambuco, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, 37(5): 3413-3424, 2016.

Alonso, S.; Dohoo, I.; Lindahl, J.; Verdugo, C.; Akuku, I.; Grace, D. Prevalence of tuberculosis, brucellosis and trypanosomiasis in cattle in Tanzania: a systematic review and meta-analysis. **Animal Health Research Reviews**, 17(1): 16-27, 2016.

Antunes, J.M.A.P.; Allendorf, S.D.; Appolinário, C.M.; Peres, M.G.; Perotta, J.H.; Neves, T.B.; Deconto, I.; Barros Filho, I.R.; Biondo, A.W.; Megid, J. Serology for *Brucella abortus* in cart horses from an urban area in Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65(2): 619-621, 2013.

Aune, K., Rhyan, J.C., Russell, R., Roffe, T.J., Corso, B. Environmental persistence of *Brucella abortus* in the Greater Yellowstone Area. **The Journal of Wildlife Management**, 76(2): 253-261, 2012.

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

Broughan, J.M.; Judge, J.; Ely, E.; Delahay, R.J.; Wilson, G.; Clifton-Hadley, R.S.; Goodchild, A.V; Bishop, H.; Parry, J.E.; Downs, S.H. A review of risk factors for bovine tuberculosis infection in cattle in the UK and Ireland. **Epidemiology & Infection**, 144 (14): 2899-2926, 2016.

- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r58asu51.html>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- Gomes, M.JP. Gênero *Brucella* spp. **Microbiologia clínica**. Porto Alegre: LABACVET, 3-6, 2007.
- Lima, P.R.B.; Nascimento, D.L.; Almeida, E.C.; Pontual, K.A.Q.; Amaku, M.; Dias, R.A.; Ferreira, F.; Gonçalves, V.S.P.; Telles, E.O.; Grisi-filho, J.H.H.; Heinemann, M.B.; Silva, J.C.R.; Ferreira Neto, J.S. Epidemiological situation of bovine tuberculosis in the State of Pernambuco, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, 37(5) supl. 2: 3601-3610, 2016.
- Mendes, E.I.; Melo, L.E.H.; Tenório, T.G.S; Sá, L.M.; Souto, R.J.C.; Fernandes, A.C.C.; Sandes, H.M.M.; Silva, T.I.B. Intercorrência entre leucose enzootica e tuberculose em bovinos leiteiros do estado de Pernambuco. **Arquivos do Instituto Biológico**, 78(1): 1-8, 2011.
- Murakami, P.S.; Fuverki, R.B.N; Nakatani, S.M; Filho, I.R.B; Biondo, A.W. Tuberculose bovina: Saúde Animal e Saúde Pública. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, 12: 67-74, 2009.
- Ocholi, R.A.; Kwaga, J.K.P.; Ajogi, I.; Bale, J.O.O. Abortion due to *Brucella abortus* in sheep in Nigeria. **Revue Scientifique et Technique-Office International des épizooties**, 24(3): 973-979, 2005.
- PERNAMBUCO. Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco. **ADAGRO. Relatório da Campanha de Vacinação de Febre Aftosa - 1ª Etapa de 2015**. Recife: Adagro, 2015.

- Poester, F.; Figueiredo, V.F.; Lôbo, J.R.; Gonçalves, V.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**, 61: 1-5, 2010.
- Skaba, D.A.; Carvalho, M.S.; Barcellos, C.; Martins, P.C.; Terron, S.L. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cadernos de Saúde Pública**, 20: 1753-1756, 2004.
- Waller, L.A.; Gotway, C.A. **Applied spatial statistics for public health data**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. p. 17-18.
- Wareth, G.; Melzer, F.; El-Diasty, M.; Schmoock, G.; Elbauomy, E.; Abdel-Hamid, N.; Sayour, A.; Neubauer, H. Isolation of brucella abortus from a Dog and a Cat Confirms their Biological Role in Re-emergence and Dissemination of Bovine Brucellosis on Dairy Farms. **Transboundary and emerging diseases**, 64(5): 27-30, 2017.



Figura 1. Estado de Pernambuco, com a Região Metropolitana de Recife (RMR) em destaque.

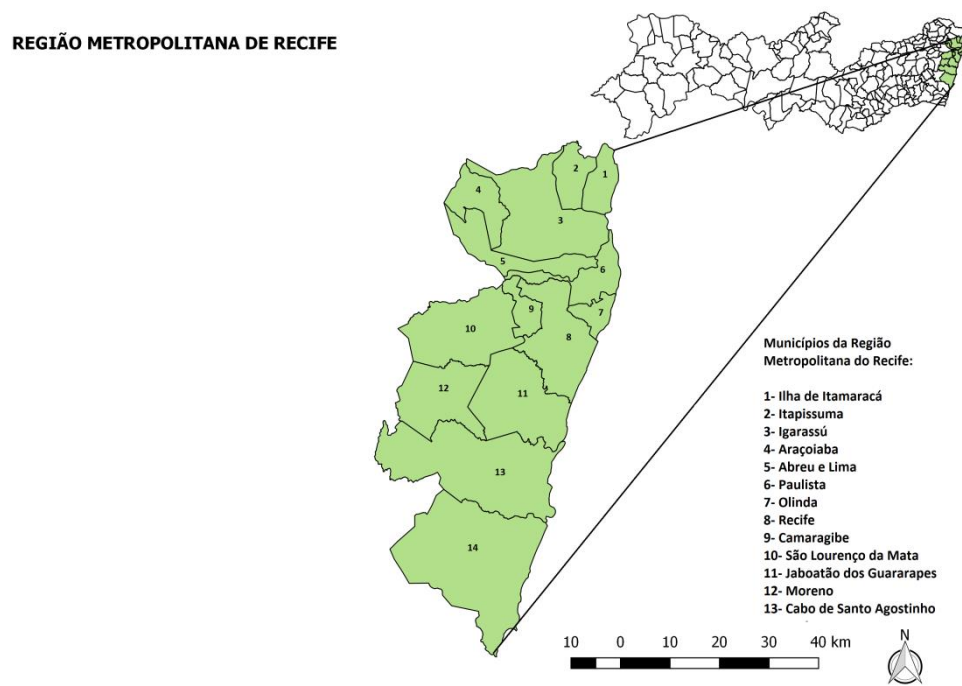


Figura 2. Região Metropolitana de Recife (RMR) e seus municípios, Pernambuco (2017).

Inquérito de Brucelose Bovina na Região Metropolitana de Recife (RMR)

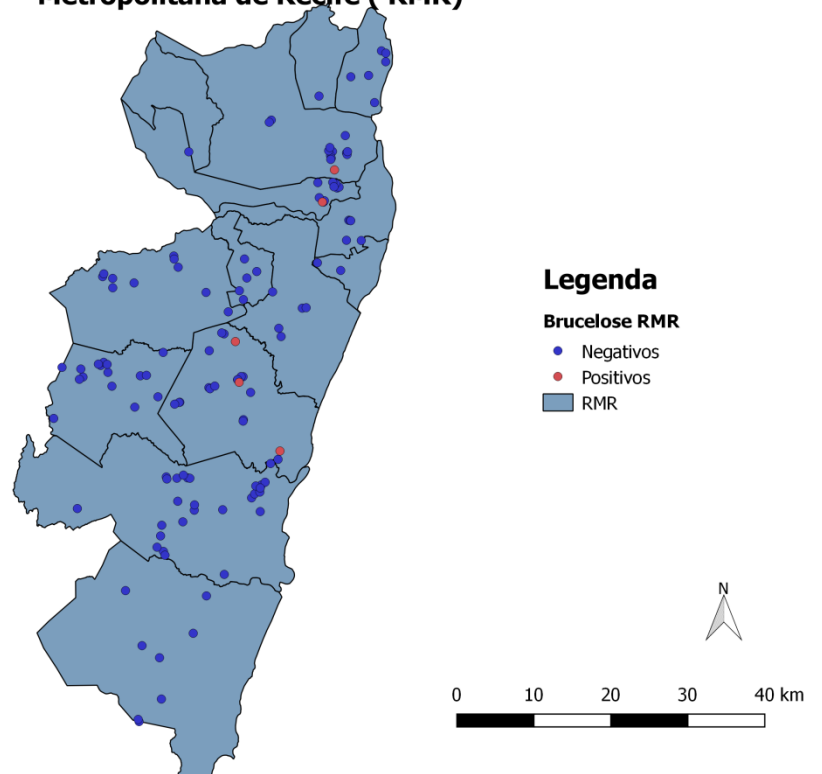


Figura 3. Localização das propriedades com fêmeas negativas e positivas para brucelose da Região Metropolitana de Recife (RMR).

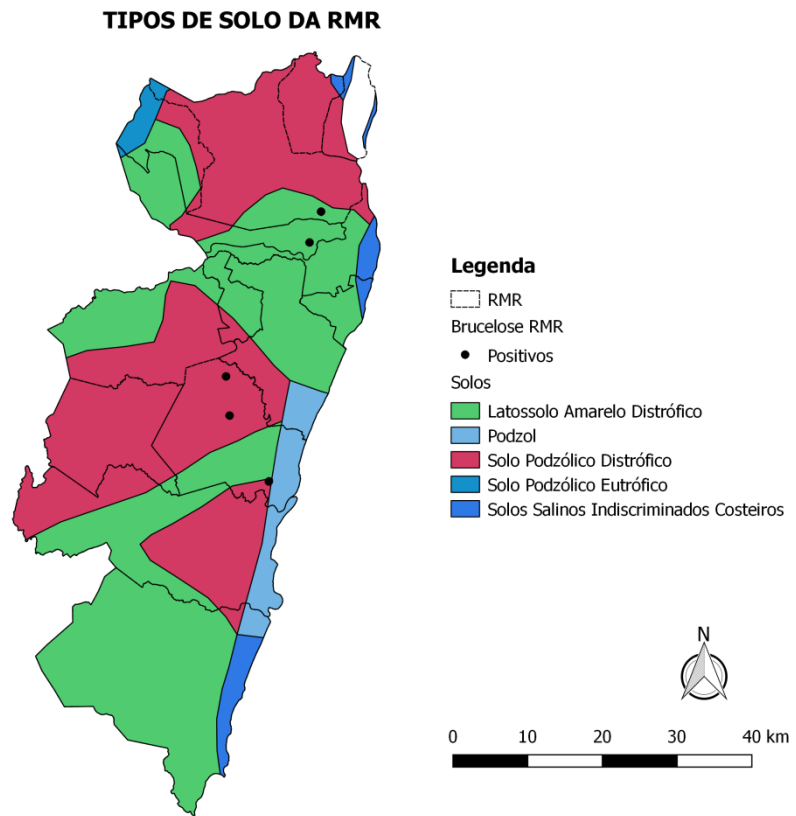


Figura 4. Análise Espacial do tipo de solo das propriedades com fêmeas positivas para brucelose da Região Metropolitana de Recife (RMR).

INQUÉRITO DE TUBERCULOSE BOVINA NA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

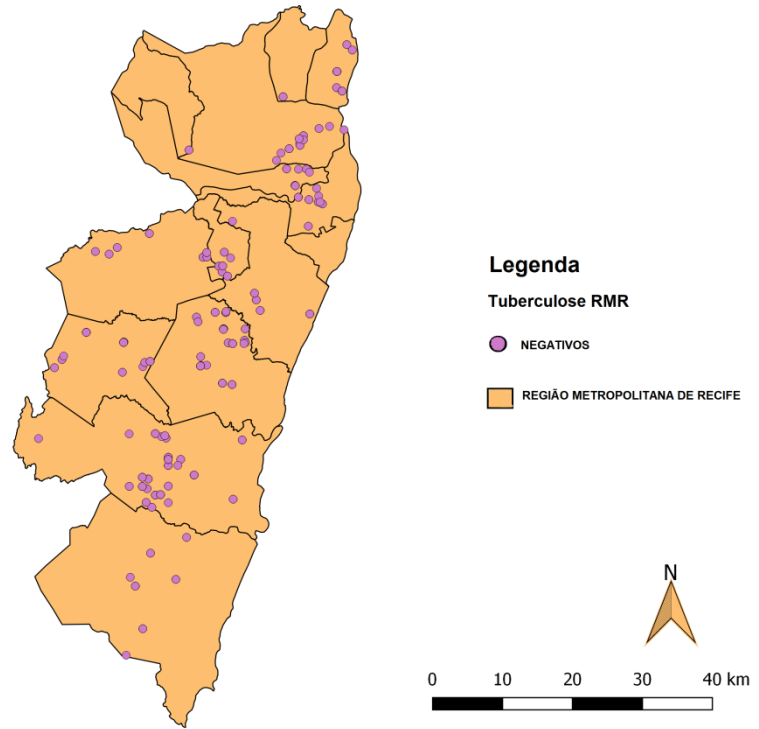


Figura 5. Localização das propriedades com fêmeas negativas para tuberculose bovina.

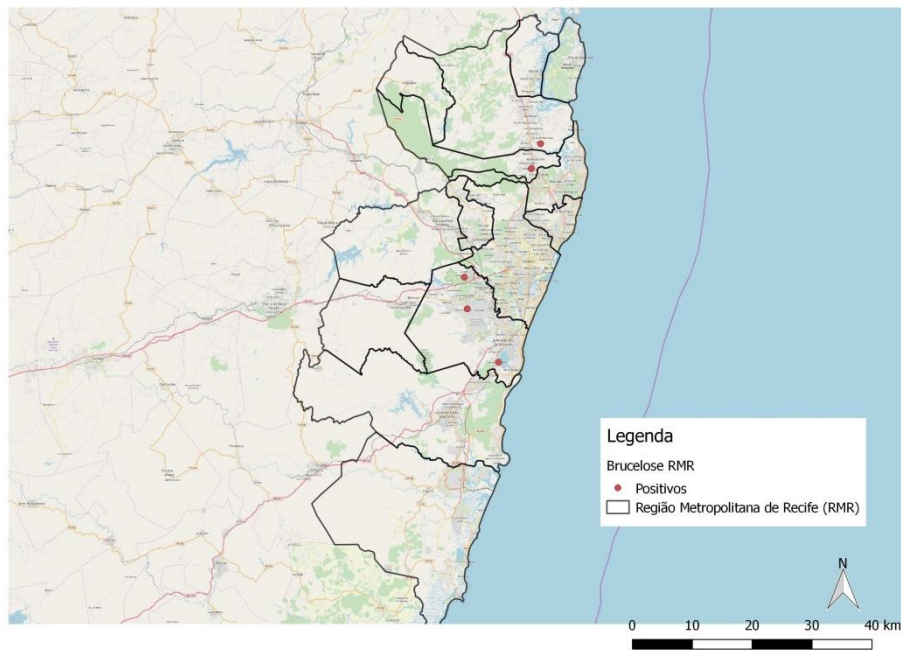


Figura 6. Mapa de área urbana da região Metropolitana do Recife com localização das propriedades com fêmeas positivas para brucelose.

Tabelas

Tabela 1. Propriedades com fêmeas bovinas positivas para brucelose, segundo tipos de manejo, de criação e solos alagados.

Municípios	Abreu e Lima	Igarassu	Jaboatão dos Guararapes*	Jaboatão dos Guararapes*	Jaboatão dos Guararapes*
	A	B	C	D	E
Propriedades positivas					
Número total de bovinos	5	1	26	6	6
Tipo de exploração	Leite	Leite	Leite	Leite	Mista (Leite e Corte)
Criação	Semiconfinado	Semiconfinado	Semiconfinado	Extensivo	Semiconfinad o
Vacinação	Não	Não	Sim	Não	Não
Aluga Pasto	Não	Não	Não	Não	Não
Bebedouros coletivos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Assistência Veterinária	Não	Não	Sim	Não	Não
Solos alagados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

*Município: Jaboatão dos Guararapes.

